



# MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre  
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## RUÍDO OCUPACIONAL E PERDAS AUDITIVAS NUMA EMPRESA DO RAMO DA METALOMECÂNICA

António Manuel da Silva Beça

**Orientador:** Professor Doutor Alberto Sérgio S. R. Miguel  
Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia

**Co-orientador:** Professor Doutor Joaquim Eduardo de Sousa Góis  
Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia

**Arguente:**  
**Presidente do Júri:**

2013



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt) ISN: 3599\*654  
Telephone: +351 22 508 14 00 Fax: +351 22 508 14 40  
URL: <http://www.fe.up.pt> Correio Electrónico: [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)



## **AGRADECIMENTOS**

A elaboração desta dissertação teve o contributo e a colaboração, de forma direta e indireta, de várias pessoas a quem gostaria de dirigir o meu agradecimento:

À Dr<sup>a</sup> Marília que impulsionou a realização deste trabalho e que me incentivou neste projeto de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional.

Ao meu orientador, Professor Sérgio Miguel, pelo apoio, pela partilha de saber e pela disponibilidade. E não menos importante, pela amizade que sempre me dispensou.

Ao professor Góis, pela simpatia, pelo acompanhamento, pelas sugestões, críticas e correções realizadas.

Um obrigado especial à minha família que me acompanhou sempre neste projeto de “bimestre”, em especial aos meus pais e aos meus irmãos.

Aos meus avós, que sei que estariam muito contentes, dedico este trabalho.



## RESUMO

Na indústria metalomecânica, pelas suas características e processos tecnológicos, o ruído foi sempre identificado como um dos perigos existentes, havendo a necessidade de avaliar e quantificar o risco que lhe está associado.

Este trabalho incidiu sobre uma população de 50 indivíduos, mas apenas foram considerados os trabalhadores expostos a níveis sonoros superiores a 85 dB (A), num total de 36. Foram retirados, da amostra, 5 trabalhadores, que não realizaram exames audiométricos, por estarem de férias ou de baixa, e 9 que permaneciam no escritório e estavam expostos a um nível inferior a 85 dB (A).

Pretenderam-se estudar as perdas auditivas em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional elevado e verificar a existência de uma correlação entre essas perdas, a idade e a exposição ao ruído.

Foram recolhidos os registos das avaliações ao ruído feitas na empresa, foi aplicado um inquérito a todos os trabalhadores em estudo e foram feitos exames audiométricos aos trabalhadores.

Do estudo das perdas auditivas conclui-se que 26 % dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada “normal”, 52 % uma perda “ligeira” e 22 % uma perda “moderada”. Nenhum trabalhador se encontrava em situação de perda “severa” ou na situação de perda “total”. De referir que o valor máximo da perda “moderada” foi de 59 dB e que o intervalo desta perda está classificado entre 41 a 70 dB. Neste intervalo, o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz e o trabalhador compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.

Verificam-se perdas mais elevadas a 4000 Hz, frequência central de oitava a que corresponde o escotoma característico do ruído industrial.

A percepção individual do estado auditivo não pode ser relacionada directamente com a classificação da perda auditiva, pois existem alguns trabalhadores com elevada perda auditiva que dizem ouvir bem e alguns com perda ligeira que indicam que ouvem mal.

As principais conclusões a retirar dizem respeito à metodologia aplicada e à significativa incerteza associada aos dados utilizados. Uma amostra mais ampla permitiria eliminar situações que introduzem incertezas ao nível da interpretação dos resultados.

**Palavras-chave:** Ruído, Exposição, Perdas Auditivas, Indústria Metalomecânica.



## ABSTRACT

In metalworking, by its characteristics and technological processes, the noise was always identified as one of existing hazards, originating the need to evaluate and quantify the associated risk.

This work has focused on a population of 50 individuals, but only the workers exposed to noise levels greater than 85 dB (A) were considered, in a total of 36 individuals. 5 workers were removed from the sample because, being on vacation or incapacitated, they didn't undertake audiometric exams, as well as 9 workers who remained in the office and were consequently exposed to a noise level below 85 dB (A).

It was intended to study the hearing losses in workers potentially exposed to occupational high noise and check the existence of a correlation between this losses, age and exposure to noise.

Records of noise assessments were collected in the company, a questionnaire was applied to all the workers and audiometric exams were done.

From the study, it was concluded that 26 % of the workers had a hearing loss considered "normal", 52 % a "slight" loss and 22% a "moderate" loss. No worker was in a situation of "severe" loss or in the situation of "total" loss. The maximum value of the "moderate" loss was 59 dB and the range of this loss was classified between 41 to 70 dB. In this range, the speech is understood only when lifting the voice level and the individual understands better the message if he can observe the interlocutor.

There are higher losses at 4000 Hz, octave central frequency at which a characteristic scotoma of industrial noise takes place.

The individual perception of auditory status may not be directly linked with the classification of hearing loss. There are some workers with high hearing loss that indicate that hear well and some with slight losses that indicate that they hear badly.

The main conclusions to withdraw relate to applied methodology and the significant uncertainty associated with the used data. A bigger sample would eliminate situations that introduce uncertainties at the level of the interpretation of the results.

**Keywords:** Noise, Exposure, Hearing Loss, Metalworking.





## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	OBJETIVOS .....	3
2.1	Objetivo da dissertação .....	3
2.2	Organização da dissertação .....	3
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	5
3.1	Caracterização da indústria metalomecânica .....	5
3.2	Caracterização da empresa .....	6
3.3	Planta da área industrial .....	6
3.4	Etapas do ciclo produtivo .....	8
3.4.1	Armazém de matérias-primas/ Discos/ Acessórios acabados .....	10
3.4.2	Maquinagem (Corte/Estampagem/Repuxagem/Beirar) .....	10
3.4.3	Desengorduramento/Banho .....	11
3.4.4	Preparação de superfícies (Esmerilagem/Polimento) .....	11
3.4.5	Lavagem/Limpeza .....	12
3.4.6	Montagem (Furação/Cravamento/Rebitagem/Soldadura por pontos) .....	12
3.4.7	Embalagem .....	12
4	ESTADO DA ARTE .....	13
4.1	O som, o ruído e a vibração .....	13
4.2	Propriedades e características do ruído .....	13
4.2.1	Frequência do som .....	14
4.2.2	Pressão sonora e nível de pressão sonora .....	14
4.2.3	Adição de níveis sonoros .....	15
4.2.4	Filtros de ponderação e audibilidade .....	15
4.2.5	Ruído no ambiente de trabalho .....	16
4.2.6	Tipos de ruído .....	17
4.2.7	Nível sonoro contínuo equivalente .....	18
4.3	Legislação sobre ruído industrial .....	20
4.3.1	Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro .....	20
4.3.2	Portaria nº 53/71 de 3 de fevereiro .....	22
4.3.3	Decreto-Lei nº 352/2007 .....	22
4.4	Anatomia e fisiologia da audição .....	24
4.4.1	Efeitos na saúde .....	26

4.5	Prevenção e controlo .....	29
4.5.1	Medição do ruído .....	29
4.5.2	Controlo do ruído .....	31
4.5.3	Proteção de ouvidos .....	31
4.5.4	Conforto e proteção individual auditiva.....	36
4.5.5	Exames médicos e audiométricos .....	36
4.6	Critérios para o cálculo e classificação das perdas auditivas .....	37
5	METODOLOGIA.....	39
5.1	Recolha de dados .....	39
5.1.1	Estudos de ruído .....	39
5.1.2	Exames audiométricos.....	39
5.1.3	Questionários.....	39
5.2	Análise em componentes principais .....	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6.1	Análise e descrição da situação encontrada.....	45
6.2	Descrição das variáveis em estudo .....	46
6.2.1	Idade do trabalhador .....	46
6.2.2	Tempo de exposição ao ruído ocupacional .....	46
6.2.3	$L_{EX, 8h}$ .....	46
6.2.4	Perdas auditivas.....	46
6.3	Resultados dos inquéritos .....	47
6.3.1	Amostra em estudo.....	47
6.3.2	Escolaridade .....	47
6.3.3	Histórico de exposição ao ruído .....	48
6.3.4	Antecedentes familiares e pessoais .....	49
6.3.5	Utilização de proteção auditiva .....	49
6.3.6	Perceção individual do estado auditivo .....	49
6.4	Estudo das perdas auditivas .....	50
6.4.1	Comparação entre as perdas auditivas de 2010 e 2013 .....	54
6.4.2	Comparação do cálculo das perdas através do critério da Tabela de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal .....	55
6.5	Análise em componentes principais e análise fatorial .....	56
6.6	Análise individual de casos .....	65
7	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS .....	71

8	BIBLIOGRAFIA .....	73
---	--------------------	----



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do comércio internacional para o subsector da louça metálica.....	5
Figura 2 - Planta da área industrial com localização das áreas processuais e principais máquinas.....	7
Figura 3 - Processo produtivo.....	9
Figura 4 - Ferramenta elétrica de corte de chapa.....	10
Figura 5 - Guilhotina usada para corte de chapa .....	10
Figura 6 - Balancé mecânico .....	10
Figura 7 - Torno de repuxagem .....	10
Figura 8 - Prensa hidráulica.....	11
Figura 9 - Máquina de polimento automático .....	12
Figura 10 - Máquina de polimento por vibração .....	12
Figura 11 - Soldadura por pontos .....	12
Figura 12 - Máquina de rebitar automática .....	12
Figura 13 - Sons graves e sons agudos .....	13
Figura 14 - Espectro de frequências sonoras. ....	14
Figura 15 - Pressão sonora e nível de pressão sonora .....	14
Figura 16 - Curvas de ponderação normalizadas A, C, e Linear.....	16
Figura 17 - Corte semi-esquemático mostrando a orelha externa, média e interna.....	24
Figura 18 - Evolução com a idade das perdas auditivas (Miguel 2012).....	27
Figura 19 - Efeitos do ruído no organismo humano.....	28
Figura 20 – Fontes de ruído com potencial para provocar perdas auditivas .....	29
Figura 21 - Aparelhos usados na medição do ruído .....	30
Figura 22 - Tampões auditivos pré-moldados .....	32
Figura 23 - Tampões moldáveis .....	32
Figura 24 - Protetor auricular passivo .....	32
Figura 25 - Protetor auricular ativo .....	32
Figura 26 - Matriz de dados $Q$ , de elemento genérico $q_{ij}$ ; $q_i$ é um vector que representa o individuo $i$ em $R^P$ ; $q_j$ é o vector que representa a propriedade $j$ em $R^n$ (Pereira, 1990).....	42
Figura 27 - Algoritmo de Análise em Componentes Principais (Pereira, 1990).....	43
Figura 28 - Projeção das variáveis no 1º plano fatorial da ACP .....	59
Figura 29 - Projeção dos trabalhadores no 1º plano fatorial da ACP .....	60
Figura 30 - Projeção das variáveis no 2º plano fatorial da ACP .....	62
Figura 31 - Projeção dos trabalhadores no 2º plano fatorial da ACP .....	63
Figura 32 - Projeção das variáveis no 3º plano fatorial da ACP .....	64
Figura 33 - Projeção dos trabalhadores no 3º plano fatorial da ACP .....	64
Figura 34 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 17.....	65

Figura 35 - Ouvido Direito Trabalhador nº 17 .....	65
Figura 36 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 6 .....	67
Figura 37 - Ouvido Direito Trabalhador nº 6 .....	67
Figura 38 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 26 .....	68
Figura 39 - Ouvido Direito Trabalhador nº 26 .....	68
Figura 40 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 5 .....	69
Figura 41 - Ouvido Direito Trabalhador nº 5 .....	69

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Filtro de ponderação A (Miguel, 2012).....	16
Tabela 2 - Classificação do ruído, (Miguel, 2012).....	17
Tabela 3 - Tempo de exposição limite, em função do nível sonoro a que está sujeito um trabalhador, segundo a Norma ISO 1999:1990 .....	19
Tabela 4 - Legislação relevante para a temática do ruído ocupacional em ambientes industriais .....	20
Tabela 5 – Valores limite e de ação, segundo o Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro .....	21
Tabela 6 - Portaria nº 53/71 de 3 de fevereiro, regulamento geral de segurança e higiene do trabalho nos estabelecimentos industriais .....	22
Tabela 7 - Efeitos da exposição ao ruído no aparelho auditivo.....	26
Tabela 8 - Evolução da surdez profissional e estádios da evolução (citado por Miguel, 2012).....	27
Tabela 9 - Vantagens e desvantagens dos tampões vs abafadores .....	33
Tabela 10 - Métodos de seleção dos protetores auditivos .....	35
Tabela 11 - Classificação da proteção de acordo com a NP EN 458 .....	35
Tabela 12 - Características dos equipamentos de proteção individual e a sua relação com o conforto.....	36
Tabela 13 - Critério permite ainda classificar as deficiências auditivas.....	37
Tabela 14 - Questionário aos trabalhadores - Identificação. ....	39
Tabela 15 - Questionário aos trabalhadores – Historial de exposição ao ruído de âmbito profissional .....	40
Tabela 16 - Questionário aos trabalhadores – Historial de exposição ao ruído de âmbito não profissional .....	40
Tabela 17 - Questionário aos trabalhadores – Antecedentes.....	41
Tabela 18 - Questionário aos trabalhadores – Proteção auditiva.....	41
Tabela 19 - Valores de $L_{EX,8h}$ para os vários setores .....	45
Tabela 20 - Caracterização da amostra em estudo .....	47
Tabela 21 - Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo.....	48
Tabela 22 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividades ocupacionais .....	48
Tabela 23 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividade não ocupacionais ..	48
Tabela 24 - Antecedentes familiares e pessoais .....	49
Tabela 25 - Utilização de proteção auditiva .....	49
Tabela 26 - Perceção individual do estado auditivo .....	49
Tabela 27 – Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas dos trabalhadores..	50
Tabela 28 - Relação de trabalhadores expostos a exposição ao ruído e com as perdas auditivas.....	52

Tabela 29 - Trabalhadores com antecedentes de doenças .....	53
Tabela 30 - Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013 .....	55
Tabela 31 - Comparação do cálculo das perdas através do critério da Tabela de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal .....	56
Tabela 32 - Variáveis e respetivos códigos .....	57
Tabela 33 - Informação sobre os eixos fatoriais resultantes da ACP, valores próprios e percentagem de explicação dos fatores .....	57
Tabela 34 - Coordenadas das colunas (variáveis) nos eixos da ACP.....	58
Tabela 35 - Trabalhadores com a menor perda auditiva .....	60
Tabela 36 - Trabalhadores com perda auditiva elevada .....	61
Tabela 37 - Trabalhadores com exposição ao ruído mais reduzida .....	61
Tabela 38 - Trabalhadores com exposição ao ruído elevada.....	61
Tabela 39 - Perda auditiva do trabalhador nº 17 .....	65
Tabela 40 - Historial e antecedentes do trabalhador 17 .....	66
Tabela 41 - Perda auditiva do trabalhador nº 6. ....	66
Tabela 42 - Historial e antecedentes do trabalhador 6 .....	67
Tabela 43 - Perda auditiva do trabalhador nº 26 .....	68
Tabela 44 - Historial e antecedentes do trabalhador 26 .....	68
Tabela 45 - Perda auditiva do trabalhador nº 5 .....	69
Tabela 46 - Historial e antecedentes do trabalhador 5 .....	69



## GLOSSÁRIO/SIMBOLOGIA/SIGLAS/ABREVIATURAS

### Simbologia

$A$  – Amplitude;

$\lambda$  - Comprimento de onda;

$f$  – Frequência;

$T$  – Período

$Hz$  – Hertz;

$dB$  – Grandeza de medida de pressão sonora (Decibel);

$dB(A)$  – Grandeza de medida de pressão sonora corrigida com a curva de ponderação “A” (Decibel com curva de ponderação A);

$L_p$  - Nível de pressão sonora (dB);

$L_{pA}$  - Nível sonoro expresso em dB (A);

$L_{eq}$  – Nível sonoro contínuo equivalente;

$L_{Aeq}$  – Nível sonoro contínuo equivalente, expresso em dB (A);

$L_n$  – Nível sonoro com proteção;

$L_{Aeq,f,Tk}$  – Nível sonoro equivalente para cada banda de oitava;

$L_{EX,8h}$  - Exposição pessoal diária ao ruído, média semanal dos valores diários da exposição de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

$L_{Cpico}$  - Nível de pressão sonora de pico, valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C);

$p_{Cpico}$  – Valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C, expresso em pascal;

$p$  – Valor da pressão sonora instantânea (Pa);

$p_0$  - Pressão sonora de referência ( $2 \times 10^{-5} Pa$ ).

$Pa$  – Pascal;

$s$  – Segundo.

### Siglas

**ACT** – Autoridade para as Condições de Trabalho;

**AIMMAP** - Associação dos Industriais Metalúrgica e Metalomecânica e Afins Portugal;

**CAE** - Classificação Portuguesa de Actividades Económicas;

**DGS** – Direção Geral de Saúde;

**EN** – Norma Europeia;

**EPI** – Equipamento de Proteção Individual;

**ISO** – International Organization for Standardization;

**NP** – Norma Portuguesa;

***OMS*** – Organização Mundial de Saúde;

***OIT*** – Organização Internacional do Trabalho.

***RINNE*** - Exame clínico realizado para avaliar a audição;

***ACP*** – Análise em componentes principais.

# 1 INTRODUÇÃO

As atividades de Segurança e Saúde do Trabalho assumem, hoje em dia, uma importância extraordinária, seja pela melhoria das condições de vida e de trabalho, seja pelo desenvolvimento da própria atividade produtiva, seja, ainda, pela promoção da imagem da empresa, no mercado.

Importa considerar, ainda, que as atividades produtivas da metalomecânica, por força de diversos fatores, mas particularmente mercê da natureza dos seus processos tecnológicos, apresentam uma grande diversidade de riscos profissionais, que importa conhecer, e exigem o domínio de metodologias preventivas adequadas.

Por tudo isto, o incremento das ações de segurança e saúde do trabalho nas empresas do setor são não apenas necessárias, mas também oportunas, devendo ser assumidas no contexto de um sistema de gestão da segurança e saúde do trabalho. Por outro lado, tais atividades encontram-se enquadradas por um vasto e exigente panorama legislativo, de origem comunitária, que não pode deixar de ser equacionado pela gestão das empresas que apostam no seu futuro.

A exposição a elevados níveis de pressão sonora, nos locais de trabalho, pode ocasionar perdas permanentes de audição, merecendo por isso uma abordagem rigorosa por parte das entidades empregadoras. Existe legislação portuguesa sobre esta matéria onde se referem aspetos associados à proteção coletiva, ao equipamento de proteção individual e à informação e formação aos trabalhadores.

Dada a interferência negativa do ruído nos aspetos pessoais, biológicos e sociais dos trabalhadores, é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que visem identificar e avaliar a forma de como a exposição a níveis de pressão sonora elevados pode interferir na qualidade de vida destes trabalhadores.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo da dissertação**

O objetivo principal da dissertação consistiu em avaliar as perdas auditivas em trabalhadores potencialmente expostos a ruído ocupacional excessivo. Os trabalhadores realizaram um exame audiométrico, levado a cabo por um médico do trabalho, tendo em vista relacionar a exposição aos níveis de pressão sonora com as consequentes perdas auditivas.

Foi realizada uma análise complementar, através de inquéritos aos trabalhadores, para, desta forma, tentar relacionar as variáveis dependentes audiométricas com as variáveis independentes nível sonoro, tempo de exposição ao ruído laboral e idade dos trabalhadores.

Espera-se que a partir deste tipo de estudo se obtenha uma melhor perceção das medidas de controlo de ruído e das técnicas para procurar diminuir a exposição dos trabalhadores ao ruído excessivo, estimulando a auto-proteção e a identificação de situações perigosas.

### **2.2 Organização da dissertação**

A dissertação está dividida nos 7 capítulos seguintes:

- Breve introdução ao problema em estudo;
- Objetivos de trabalho;
- Caracterização da empresa;
- Revisão bibliográfica, onde são referidos, de uma forma concisa, os principais conceitos relacionados com o ruído;
- Metodologia seguida para alcançar os objetivos;
- Resultados obtidos e a respetiva discussão;
- Principais conclusões e perspetivas futuras.



### 3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

#### 3.1 Caracterização da indústria metalomecânica

A atividade escolhida, para a elaboração do presente trabalho, está inserida numa indústria metalomecânica. Trata-se de uma empresa que fabrica louça de alumínio e inox, com 48 colaboradores. De acordo com a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3, Decreto-lei nº. 381/2007, de 14 de novembro, a respetiva CAE é a referente à atividade 25991 Fabricação de Louças Metálica e Artigos de Uso Doméstico.

Segundo a avaliação feita pela AIMMAP, em junho de 2011, sobre o subsector de louça metálica (Figura 1) pode-se verificar a evolução deste subsector quanto ao Comércio Internacional.

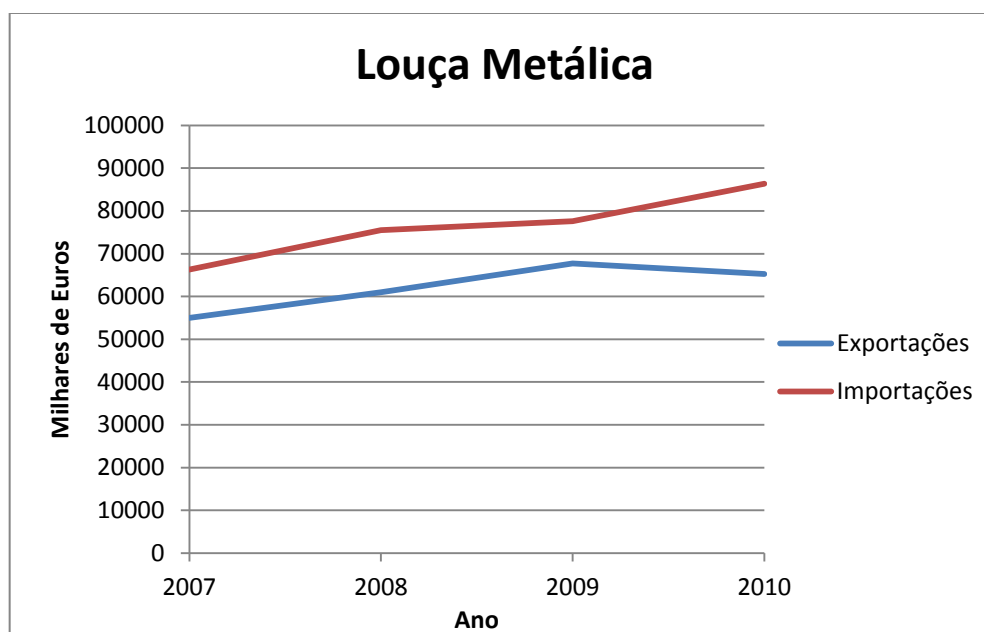


Figura 1 - Evolução do comércio internacional para o subsector da louça metálica

Ao nível das exportações, verifica-se que o subsector de louça metálica apresenta uma excelente performance até 2009, contrariamente ao comportamento verificado no setor metalúrgico e metalomecânico, como um todo, e até nas exportações nacionais, dado o ambiente de instabilidade económica e financeira vivido em Portugal. No entanto, no ano de 2010, apresentou um decréscimo de aproximadamente 3,6%. As importações de louça metálica apresentaram uma tendência de crescimento até 2010.

### **3.2 Caracterização da empresa**

A empresa em estudo tem uma larga gama de artigos, muito variada, com oferta nas seguintes áreas:

- Louça e utensílios domésticos em alumínio laminado e fundido;
- Louça e utensílios para hotelaria em alumínio laminado e fundido;
- Utensílios em aço inoxidável de uso doméstico e para hotelaria;
- Brinquedos em alumínio e aço inoxidável com acessórios de madeira;
- Peças para aspiração central bem como os respetivos moldes;
- Peças de design sob desenho e modelos específicos para cada um dos mercados de exportação.

### **3.3 Planta da área industrial**

A área industrial dedicada à fabricação de louça de alumínio é a que se apresenta a seguir, Figura 2, onde se podem definir as seguintes áreas processuais:

- A. Vestuário;
- B. Refeitório
- C. Cargas e descargas;
- D. Armazém de matéria-prima;
- E. Corte;
- F. Armazém de discos;
- G. Fabricação por balancés;
- H. Fabricação de acessórios;
- I. Prensagem;
- J. Repuxagem;
- K. Máquinas de beirar;
- L. Esmerilagem;
- M. Polimento mecânico;
- N. Polimento por vibração;
- O. Desengorduramento/Banho de decapagem;
- P. Furação/Cravação/Rebitagem/Aparafusamento;
- Q. Limpeza;
- R. Embalagem;
- S. Armazém;



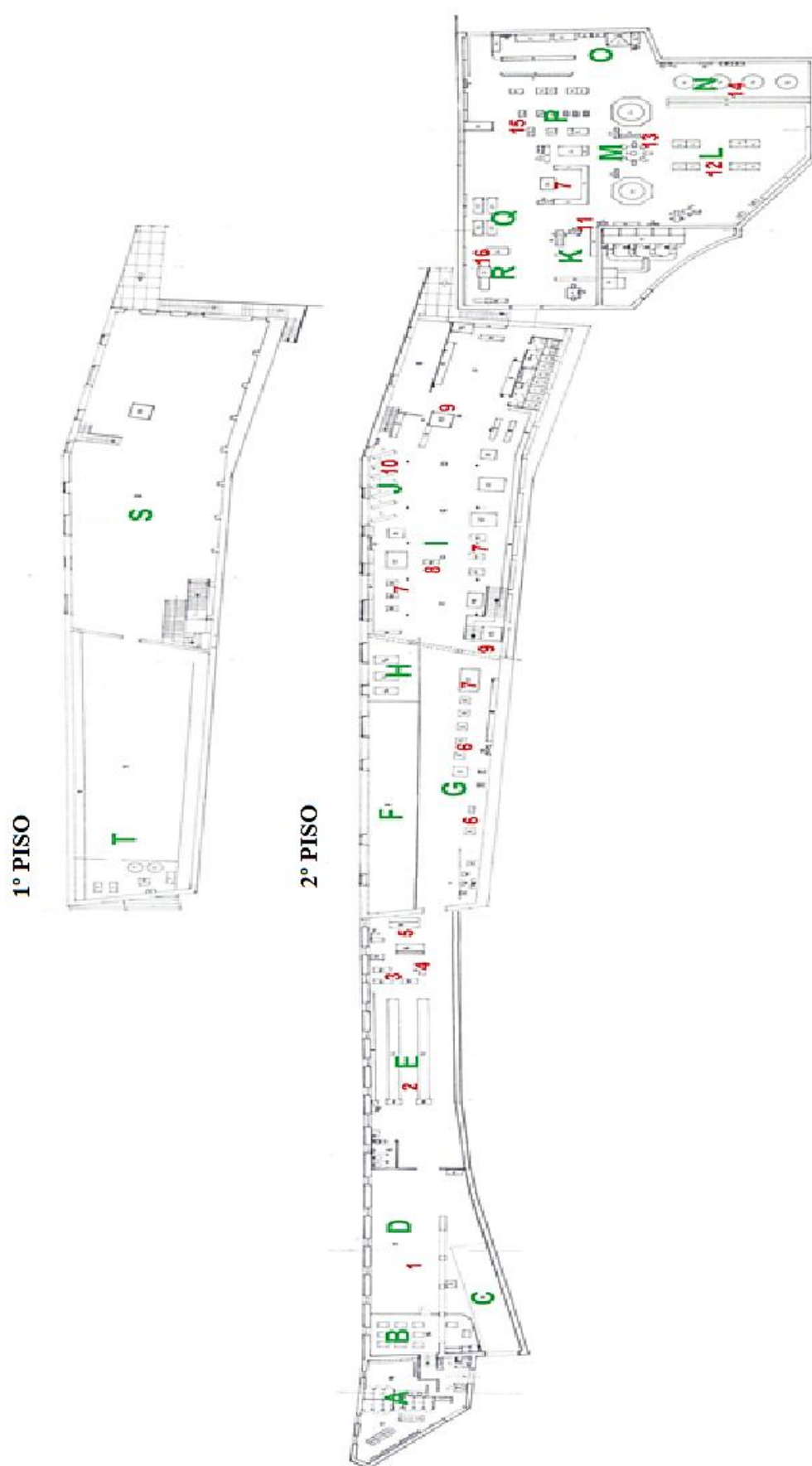


Figura 2 - Planta da área industrial com localização das áreas processuais e principais máquinas

Na Figura 2 representam-se as máquinas e os conjuntos de máquinas que mais contribuem para a propagação do ruído ocupacional:

1. Empilhador;
2. Tesouras elétricas;
3. Conjunto de máquinas de arredondar discos;
4. Máquina de enfardar retalho de alumínio;
5. Conjunto de guilhotinas;
6. Conjunto de balancés mecânicos;
7. Conjunto de prensas hidráulicas e mecânicas;
8. Máquinas de lubrificar discos;
9. Monta-cargas;
10. Tornos de repuxagem;
11. Conjunto de máquinas de beirar;
12. Máquinas de esmerilagem manual;
13. Máquinas de polimento automático;
14. Máquinas de polimento e abrilhantamento por vibração;
15. Conjunto de máquinas de furar, cravar e rebitar;
16. Máquina retrátil.

### **3.4 Etapas do ciclo produtivo**

Dentro dos ciclos produtivos identificam-se, como matérias-primas, rolos de alumínio/inox, discos, arames, chapas galvanizadas, chapas de inox, chapas de alumínio e barras de ferro.

Na Figura 3 é apresentado, esquematicamente, o processo produtivo da atividade em estudo:

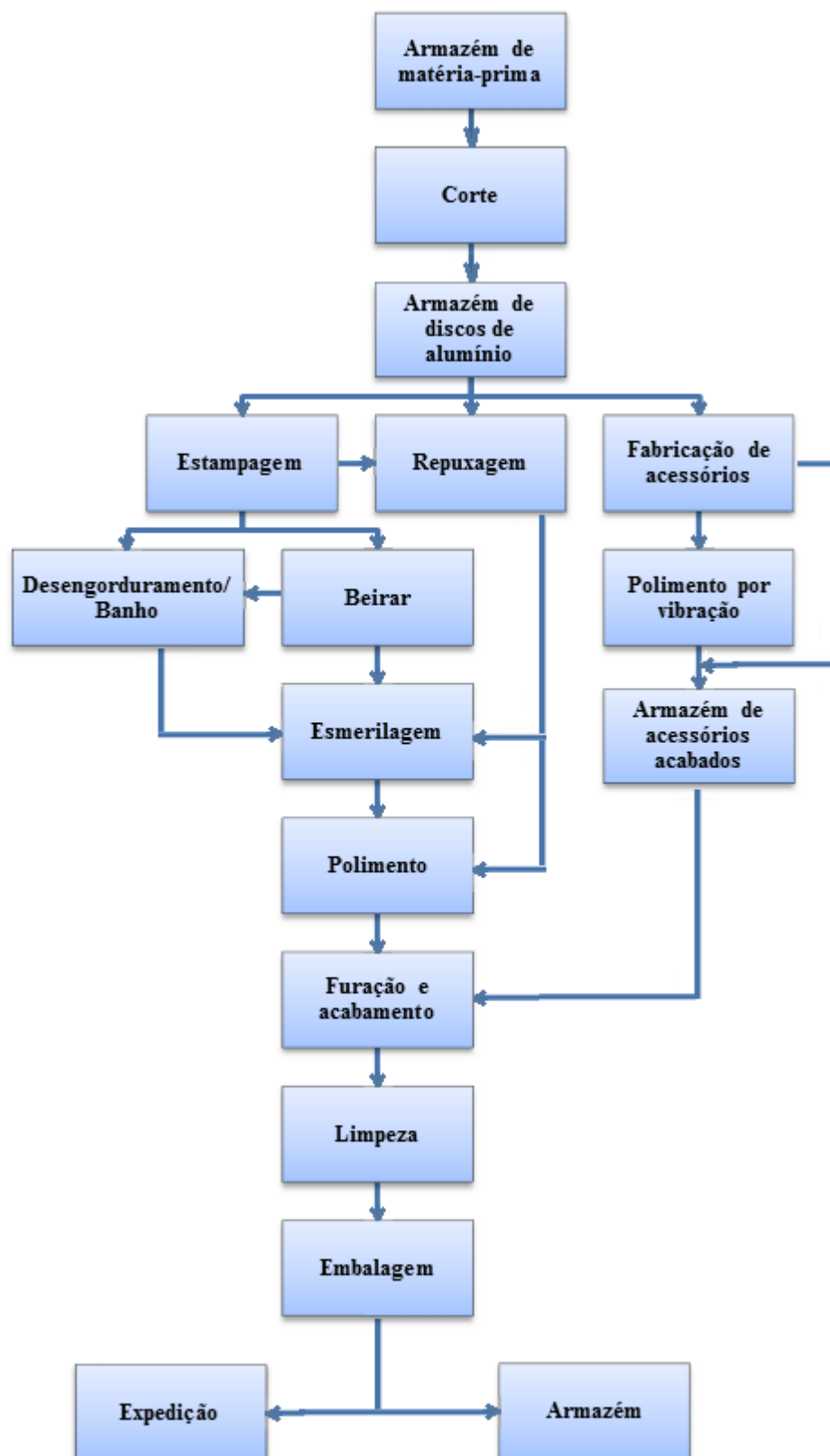


Figura 3 - Processo produtivo

### 3.4.1 Armazém de matérias-primas/ Discos/ Acessórios acabados

A armazenagem engloba a recepção de matérias-primas, acessórios e produtos químicos envolvidos em todo o processo. Estes produtos são armazenados consoante a sua natureza / características intrínsecas. O manuseamento manual de cargas é efetuado quanto há necessidade em as colocar em estantes. São utilizados equipamentos auxiliares, como porta-paletes, empilhadores, carrinhos de mão e escadas manuais para o acesso em altura.

### 3.4.2 Maquinagem (Corte/Estampagem/Repuxagem/Beirar)

A maquinagem pode incluir entre outras operações, o corte, a estampagem e a repuxagem e rebarbagem, Figura 4, 5, 6, 7 e 8. No plano dos equipamentos, as operações incluídas na maquinagem das peças envolvem a utilização de tesouras elétricas, máquinas de arredondar, guilhotinas, prensas hidráulicas, prensas mecânicas, tornos de repuxagem e máquinas de lubrificar discos. Após a estampagem é efetuado o corte da rebarba e rebordagem das peças, utilizando o torno com ferramentas específicas de corte. A maioria destes processos é efetuada com alimentação manual das peças.



Figura 4 - Ferramenta elétrica de corte de chapa



Figura 5 - Guilhotina usada para corte de chapa



Figura 6 - Balancé mecânico



Figura 7 - Torno de repuxagem



Figura 8 - Prensa hidráulica

### **3.4.3 Desengorduramento/Banho**

Nesta fase do desengorduramento das peças recorre-se a uma solução de carbonato de sódio quente, procedendo-se, em seguida, à lavagem em água e, posteriormente, à secagem com ar comprimido.

### **3.4.4 Preparação de superfícies (Esmerilagem/Polimento)**

A preparação de superfícies faz-se através de operações de esmerilagem e polimento. O polimento pode ser realizado de modo manual, automático ou por vibração, Figura 9 e 10.

O polimento vibratório serve para abrillantar peças pequenas provocando um brilho uniforme em toda a superfície. As soluções de polimento geralmente empregues utilizam uma mistura composta de polimento, um abrillantador e uma grande percentagem de água para diminuir a ação abrasiva.

O polimento mecânico é o mais utilizado no fabrico de louça metálica permitindo obter níveis de qualidade podendo ser automático ou manual.

No polimento manual procede-se ao polimento peça a peça.

No polimento automático utilizado para grandes séries, são utilizadas máquinas rotativas colocadas em cabines.



Figura 9 - Máquina de polimento automático

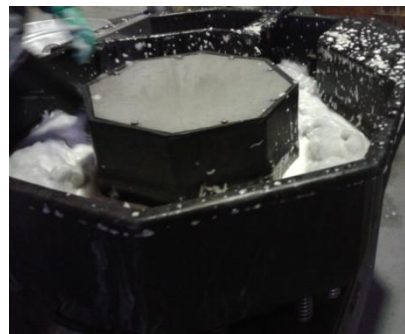


Figura 10 - Máquina de polimento por vibração

### 3.4.5 Lavagem/Limpeza

A lavagem tem, como função, a preparação das peças para as etapas seguintes, procedendo-se à remoção dos contaminantes superficiais, tais como óleos, gorduras e lubrificantes, agregados no processo de estampagem. São utilizadas, para o efeito, tinas.

### 3.4.6 Montagem (Furação/Cravamento/Rebitagem/Soldadura por pontos)

É nesta etapa que surge a montagem de acessórios, através de vários processos. Pode ser por soldadura, furação, cravamento, rebitagem ou aparafusamento, Figura 11 e 12.



Figura 11 - Soldadura por pontos



Figura 12 - Máquina de rebitar automática

### 3.4.7 Embalagem

A embalagem desenvolve-se como fase imediatamente anterior à expedição para o mercado e compreende o embalamento das peças finais. Após colocação em caixas de cartão, os conjuntos são armazenados individualmente ou paletizados mediante as necessidades de entrega. Este tipo de tarefa é executado manualmente, sendo o armazenamento final, no armazém de descargas, efetuado com auxílio de um porta-paletes ou carrinho.

## 4 ESTADO DA ARTE

### 4.1 O som, o ruído e a vibração

O som pode ser classificado como agradável, útil e incómodo:

- O som incómodo, que corresponde ao ruído, é um som indesejado que não tem qualquer utilidade para o recetor e provoca, após longos períodos de exposição, incomodidade no recetor, podendo ser nocivo para a saúde.
- O som agradável corresponde, geralmente, a uma sensação não fatigante, a qual está associada a sons da natureza ou musicais.
- O som útil pode ter significado para o recetor e ser aceite por este, embora possa ter carácter perturbador, tal como o emitido por uma buzina ou por um despertador.

O som, do ponto de vista fisiológico, provoca uma sensação no ouvido humano que depende da capacidade do cérebro processar a informação recebida, da resposta deste face à sensação a que está submetido, do ambiente em que se insere o recetor e dos mecanismos de geração e propagação do som.

O som, do ponto de vista técnico, é uma sensação auditiva resultante de variações de pressão do ar que resultam das vibrações que se propagam no ar, através de ondas que contêm energia.

As vibrações propagadas através do ar podem ser provenientes de uma fonte de vibração estrutural ou não, que gera uma onda sonora (som) que pode ser detetada pelo ouvido humano (Carvalho, 2007).

### 4.2 Propriedades e características do ruído

Os parâmetros físicos das ondas sonoras são a amplitude, o comprimento de onda e o período. A amplitude ( $A$ ) corresponde à medida da magnitude positiva ou negativa da oscilação de uma onda, podendo ser constante ou variar com o tempo. O comprimento de onda ( $\lambda$ ) corresponde à distância entre valores repetidos num padrão de onda. Numa onda sinusoidal, corresponde à distância entre cristas ou senos sucessivos. O período ( $T$ ) corresponde ao tempo entre picos, Figura 13.

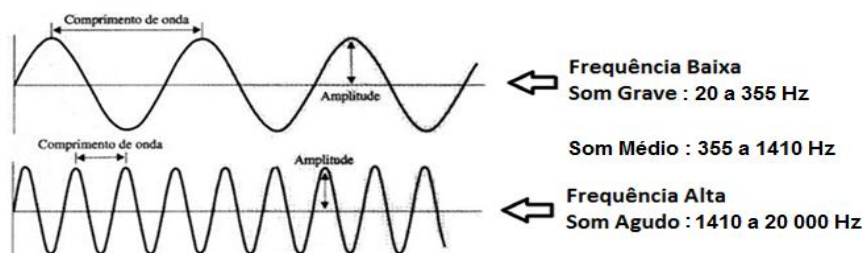


Figura 13 - Sons graves e sons agudos (modificado de Cabral, 2012)



#### 4.2.1 Frequência do som

A frequência ( $f$ ) refere-se a ciclos de variação de pressão por segundo e é expressa em Hertz (Hz). É uma característica das grandezas físicas de natureza ondulatória que indica o número de ocorrências de um evento, num determinado intervalo de tempo.

$$f = \frac{1}{T} [Hz]$$

A sensibilidade do ouvido humano está compreendida entre 20 Hz e 20000 Hz, sendo denominada por gama audível. As frequências inferiores a 20Hz correspondem a infra-sons e as superiores a 20000 Hz a ultra-sons (Miguel, 2012), Figura 14 e 15.

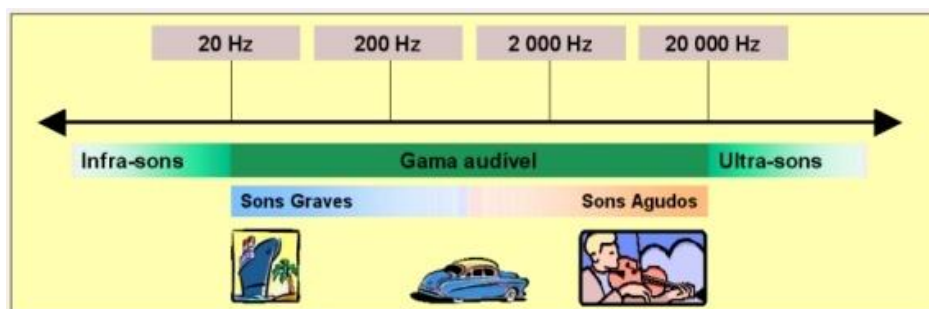


Figura 14 - Espectro de frequências sonoras (Fonte: Autoridade para as Condições de Trabalho)

Efeito	Pressão Sonora (Pa)	Nível Sonoro (dB)	Origem
	100	140	Avião a jacto
Altamente Lesivo		130	Máquina Rebitadora
	10	120	Avião a Hélice
Lesivo		110	Moto-serra
	1	100	Oficina metalo-mecânica
		90	Camião pesado
Risco	$10^{-1}$	80	Rua com muito trânsito
Interfere na conversação		70	Carro de passageiros
Incomodativo	$10^{-2}$	60	Conversa normal
	$10^{-3}$	50	Conversa em tom baixo
	$10^{-4}$	40	Música suave
	$10^{-5}$	30	Murmúrio
		20	Apartamento urbano silencioso
Limiar da audição	$2 \cdot 10^{-5}$	10	Folhas de árvore a cair
		0	

Figura 15 - Pressão sonora e nível de pressão sonora (Fonte: Autoridade para as Condições de Trabalho)

#### 4.2.2 Pressão sonora e nível de pressão sonora

A pressão sonora é o indicador básico que caracteriza a onda acústica, refere-se por pressão sonora a amplitude da onda correspondente à variação da pressão, em relação à pressão estática do ar, produzida pela propagação do som.

O decibel utiliza uma escala logarítmica a qual reduz a larga escala de valores que devem ser tratados e corresponde mais aproximadamente à forma como o ouvido humano capta as ondas sonoras. Com efeito, o ouvido não responde linearmente ao ruído mas sim de forma



logarítmica. Desta forma, a medida da pressão sonora é realizada segundo uma escala logarítmica (Cabral, 2012).

O decibel representa o nível de pressão sonora ( $L_p$ ), de acordo com a norma portuguesa NP 1730:1996, substituída pela NP ISO 1996:2011, partes 1 e 2, intitulada “Descrição, Medição e Avaliação do Ruído Ambiente”. Este é calculado pela seguinte expressão (1) (Miguel, 2012):

$$L_p = 10 \log \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (1)$$

em que,

$L_p$  - Nível de pressão sonora (dB);

$p$  - Valor da pressão sonora instantânea (Pa);

$p_0$  - Pressão sonora de referência ( $2 \times 10^{-5}$  Pa).

#### 4.2.3 Adição de níveis sonoros

A soma dos vários níveis de potência sonora de ruído é dada pela seguinte expressão (2) (Miguel, 2012):

$$L_{total} = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i} \right) \quad (2)$$

#### 4.2.4 Filtros de ponderação e audibilidade

A audibilidade depende da frequência e, por isso, para que um aparelho de medição de ruído se comporte como o ouvido é necessário adicionar-lhe um filtro.

As curvas de ponderação correspondem a inversões das curvas isofónicas. Existem vários tipos de filtros normalizados que correspondem, de uma forma não linear, às diferentes frequências, sendo designados por filtros de ponderação: A, B, C, D (Miguel, 2012). A curva A simula, de uma forma muito aproximada, a sensibilidade do ouvido humano e a medição do ruído em decibéis, com a ponderação A (dB(A)), é a mais importante a nível industrial, Figura 16.

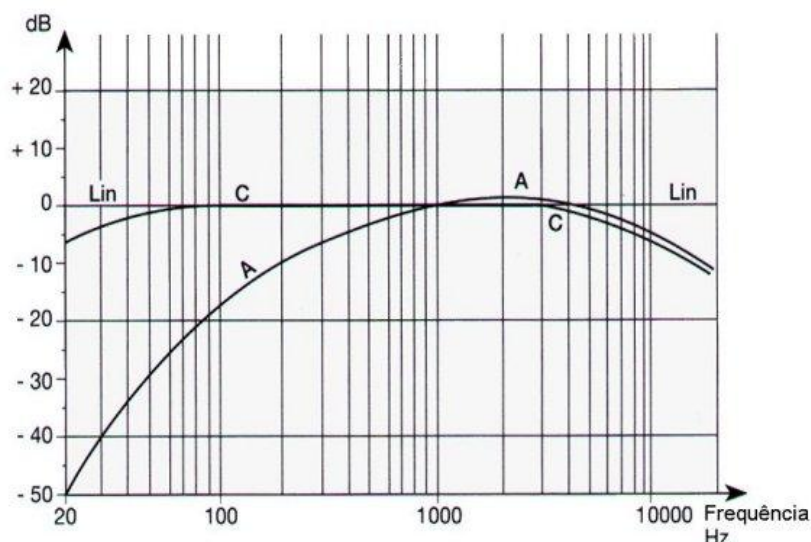


Figura 16 - Curvas de ponderação normalizadas A, C, e Linear

Aos valores captados dos níveis de pressão sonora (dB), somam-se algebricamente os valores de ponderação apresentados na Tabela 1 para cada banda de frequência. Posteriormente, adicionam-se logaritmicamente (Expressão 2) cada um dos valores finais obtidos, resultando desta operação o nível sonoro -  $L_{pA}$  expresso em dB(A).

Tabela 1 - Filtro de ponderação A (Miguel, 2012)

Frequência Central de oitava (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuação (filtro A) (dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
Atenuação (filtro C) (dB)	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	3,0

#### 4.2.5 Ruído no ambiente de trabalho

O ruído no local de trabalho é um problema global que afeta um vasto conjunto de setores industriais. A exposição excessiva ao ruído pode originar distúrbios auditivos. Os distúrbios da audição causados pelo ruído podem resultar de uma exposição pontual a um ruído impulsivo (mais de 140 decibéis (dB(C)) ou da exposição diária a sons de alta intensidade (mais de 85 decibéis (dB(A)) por várias horas, durante um período prolongado. Segundo a Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2009, existem alguns factos importantes sobre os distúrbios da audição provocados pelo ruído no local de trabalho:

- Os distúrbios são, frequentemente, acompanhados por acufenos ou zumbidos nos ouvidos;
- Os custos dos distúrbios auditivos, causados pelo ruído, correspondem a cerca de 10% do custo total da indemnização das doenças profissionais;
- A incidência reconhecida dos distúrbios da audição difere em função do país e da política de reconhecimento. Em 2005, a diferença entre os Estados-Membros era bastante evidente: 5,9 % dos trabalhadores da UE-15 queixavam-se de problemas

de audição, contra 13,5 % nos 10 novos Estados-Membros e 9,7 % na Bulgária e na Roménia;

- O maior número de casos regista-se nos grupos etários dos 40 aos 54 anos e dos 55 aos 60 anos.

Mas o ruído não é o único fator de stresse no local de trabalho passível de ter impacto na audição dos trabalhadores. Aliada ao ruído, a vibração poderá ter um efeito sinérgico negativo no sistema auditivo. Certos agentes químicos, definidos como ototóxicos, causam danos no sistema auditivo. Entre os presentes nos ambientes industriais estão os solventes, o monóxido de carbono e o ácido cianídrico.

A perda auditiva causada pelo ruído foi registada, em 2001, como a quarta doença profissional mais frequente na UE-12. Catorze milhões de trabalhadores da UE-27, ou 7 % do total, acreditam que o seu trabalho afeta a sua saúde sob a forma de distúrbios auditivos, sendo a taxa de incidência dos distúrbios da audição de 11,5 casos por cada 100 000 trabalhadores.

Os efeitos do ruído não se limitam aos danos na audição, podendo induzir também um aumento da fadiga e do stresse, perturbações do sono e até problemas cardiovasculares. No local de trabalho, um dos efeitos mais potencialmente negativos do ruído residem no facto de este se sobrepor aos avisos sonoros e prejudicar a comunicação, potenciando assim o risco de acidentes de trabalho (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2009).

#### 4.2.6 Tipos de ruído

Um ruído pode ser descrito pelo seu espectro de frequências, pelas variações de nível com o tempo e pelas características do campo sonoro, Tabela 2:

Tabela 2 - Classificação do ruído, (Miguel, 2012)

Descritor	Classificação		Observações
Espectro de frequências	Contínuo		
	Sons puros audíveis		
Tempo	Estacionário/Uniforme		Quando a diferença entre o máximo e mínimo do nível sonoro for inferior a 5 dB(A), medidos com caraterísticas de resposta lenta, medição efetuada com elevado amortecimento e um tempo de integração de aproximadamente 1 s, durante o período de avaliação – (Ruído estacionário).
	Não estacionário	Flutuante	Nível que varia continuamente e numa extensão apreciável do ruído de fundo durante o período de avaliação.
		Intermitente	Nível que desce abruptamente para o nível de ruído de fundo várias vezes durante o período de avaliação, mantendo-se constante durante um tempo de aproximadamente 1 s ou mais.

		Impulsivo	Um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração igual ou inferior a 1s e separados por mais de 0,2s. – Verifica-se a condição de ruído impulsivo quando a diferença entre o pico do nível de pressão sonora (valor máximo em dB) e o nível sonoro contínuo equivalente (dB(A)) num período superior a 5 min, é $\geq 20$ dB.
<b>Características do campo sonoro</b>	Livre		Campo sonoro numa área afastado de superfícies reflectoras.
	Reverberante		Porção do campo sonoro num recinto de ensaio em que a influência do som emitido pela fonte é desprezável.
	Semi-reverberante		Campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfície moderadamente reflectora.
	Divergente hemisféricamente		Campo sonoro de uma fonte omnidirecional, fonte sonora que permite a mesma quantidade de energia em todas as direcções, que está situada próximo de uma superfície refletora rígida (geralmente o solo) mas livre de outras obstruções.

#### 4.2.7 Nível sonoro contínuo equivalente

Na generalidade dos casos, o nível sonoro varia com o tempo, sendo necessário explicitar uma relação entre o nível e a sua duração, o qual é conseguido através do nível sonoro contínuo equivalente, que representa um nível sonoro constante que, se estivesse presente durante todo o tempo de exposição, produziria os mesmos efeitos, em termos de energia, que o nível variável (Miguel, 2012).

A exposição pessoal diária ao ruído,  $L_{EX,8h}$ , que representa o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado de A, calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas ( $T_0$ ), que abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, expresso em dB (A), é dada pela expressão 3,

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \quad (3)$$

O cálculo do  $L_{Aeq,Te}$  é, segundo o Decreto-Lei nº 182/2006, está descrito na expressão 4 seguinte,

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\} \quad (4)$$

em que,

$T_e$  – é a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

$T_0$  – é a duração diária de referência de oito horas (28 800 segundos);

$p_A(t)$  – é a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em pascal (Pa), a que está exposto um trabalhador;

$p_0$  – é a pressão de referência  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  pascal=200 Pa;

Esta expressão é idêntica à utilizada pela norma ISO 1999:1990, a qual estabelece tempos limite de exposição em função do nível sonoro a que um trabalhador esteja sujeito, Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de exposição limite, em função do nível sonoro a que está sujeito um trabalhador, segundo a Norma ISO 1999:1990

Tempo de exposição	Nível sonoro recomendado [dB(A)]
8 horas	85
4 horas	88
2 horas	91
1 hora	94
30 minutos	97
15 minutos	100
7,5 minutos	103

Segundo a norma portuguesa NP 1730:1996, a determinação do nível sonoro contínuo equivalente pode ser realizada por meio da expressão 5, para amostragens dos níveis de pressão sonora a uma taxa  $1/\Delta t$ , no intervalo de tempo  $t_2-t_1$ ,

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1 \times L_{pAi}} \right) \quad (5)$$

em que,

$N$  – n° total de amostras [ $N=(t_2 - t_1)/\Delta t$ ];

$L_{pAi}$  - nível de pressão sonora, ponderado A, para a amostra i (expresso em dB(A));

$\Delta t$  – intervalo de tempo entre duas amostras consecutivas consideradas pelo aparelho.

No caso de se aplicar uma distribuição estatística às leituras dos níveis de pressão, ponderados A, utilizando uma técnica de amostragem por intervalos de tempo,  $L_{Aeq,T}$  vem calculado segundo a expressão 6,

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n f_i 10^{0,1 \times L_i} \right) \quad (6)$$

em que,

$n$  – n° de classes (as classes de intervalos para os níveis de pressão, ponderados A, devem ser escolhidas de acordo com as características do ruído, na maioria dos casos é apropriado um intervalo de 5 dB);

$f_i$  – percentagem do intervalo de tempo para o qual o nível de pressão sonora, ponderado A, está dentro dos limites da classe i.

$L_i$  – nível de pressão sonora, ponderado A, correspondente ao ponto médio da classe  $i$ , em dB(A).

Por analogia, se um fenómeno sonoro for composto por  $k$  ruídos, para os quais se conheça o nível sonoro ( $L_{pAi}$ ) e duração de cada um dos ruídos ( $t_i$ ),  $L_{Aeq,T}$ , vem dado pela expressão 7,

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i 10^{0,1 \times L_{pAi}} \right) \quad (7)$$

em que,

$$T = \sum t_i$$

### 4.3 Legislação sobre ruído industrial

A legislação portuguesa, com especial interesse para o ruído ocupacional em ambientes industriais, está apresentada na Tabela 4:

Tabela 4 - Legislação relevante para a temática do ruído ocupacional em ambientes industriais

Instrumento Legal	Descrição
Decreto-Lei nº 182/2006	Prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído.
Portaria nº 53/71, alterada pela Portaria nº 702/80	Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.
Decreto-Lei nº 348/93 Portaria nº 988/93	Prescrições mínimas de segurança e de saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de proteção individual.
Decreto-Lei nº 352/2007	Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais.

#### 4.3.1 Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro

A prevenção dos riscos profissionais associados ao ruído encontra-se estabelecida no Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro, sendo este o diploma legal universal relativo às prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído.

Este Decreto-Lei transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2003/10/CE, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído.

Os aspetos chave deste diploma assentam na:

- Definição de valores limites de exposição e de valores de ação;
- Indicação de metodologias e instrumentos para a determinação da exposição do trabalhador;
- Avaliação dos riscos de exposição ao ruído em atividades suscetíveis a tal;
- Apresentação de medidas para a redução da exposição e de proteção individual dos trabalhadores;
- Vigilância médica dos trabalhadores;
- Informação, formação e consulta dos trabalhadores sobre as temáticas referidas nos pontos anteriores.

O Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro, estabelece os seguintes valores-limite e de ação, no que se refere à exposição pessoal diária de um trabalhador e ao nível de pressão sonora de pico:

Tabela 5 – Valores limite e de ação, segundo o Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro

VALOR EM CAUSA		Exposição pessoal (diária ou semanal) [dB (A)]	Pressão sonora do pico [dB (C)]
Valores de ação de exposição (valores a partir dos quais existe a necessidade de adoção de programas de medidas específicas)	Inferiores	80	135
	Superiores	85	137
Valores limite de exposição (valores que não devem ser ultrapassados)		87	140

O nível de exposição diária, segundo o Decreto-Lei nº 182/2006, está descrito na expressão 3. Se os riscos decorrentes da exposição ao ruído não puderem ser prevenidos por outros meios, devem ser facultados aos trabalhadores protetores individuais auditivos adequados. A exposição pessoal diária efetiva está descrita na expressão 8,

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \log \left( \frac{1}{8} \sum_{k=1}^{k=n} t_k 10^{0,1 \times L_{Aeq,tK,efect}} \right) \quad (8)$$

em que,

$t_k$  – é o tempo de exposição ao ruído k;

$L_{Aeq,tK,efect}$  – é o nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protetores auditivos.

O nível de pressão sonora de pico,  $L_{Cpico}$ , valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderado C, expresso em dB (C), está descrito na expressão 9,

$$L_{Cpico} = 10 \log \left( \frac{p_{Cpico}}{p_0} \right)^2 \quad (9)$$

em que,

$p_{Cpico}$  – é o valor máximo da pressão sonora instantânea a que o trabalhador está exposto, ponderado C, expresso em pascal;

Para além dos valores objetivos que indicam o nível sonoro a que se encontra exposto cada trabalhador, importa considerar que a surdez profissional se relaciona ainda com outros fatores, tais como:

- A duração da exposição a tais valores;
- A diferente sensibilidade dos trabalhadores ao ruído.

#### 4.3.2 Portaria n° 53/71 de 3 de fevereiro

O diploma setorial que rege as medidas e princípios gerais de prevenção da saúde e segurança do trabalho é a Portaria n° 53/71 de 3 de fevereiro, regulamento geral de segurança e higiene do trabalho nos estabelecimentos industriais.

Partindo da análise da Portaria n° 53/71 com as alterações introduzidas pela Portaria n° 702/80 verificamos que o risco é refletido no artigo 26° - ruído e vibrações:

Tabela 6 - Portaria n° 53/71 de 3 de fevereiro, regulamento geral de segurança e higiene do trabalho nos estabelecimentos industriais

<p><b>Portaria n.º 53/71 de 3 de fevereiro - Regulamento geral de segurança e higiene do trabalho nos estabelecimentos industriais</b></p>	<p>Artigo 26° - <b>ruído e vibrações</b></p>	<p>1 - Nos locais de trabalho devem eliminar-se ou reduzir-se os ruídos e vibrações prejudiciais ou incómodos.</p> <p>2 - Os critérios de avaliação do risco de trauma auditivo por exposição ao ruído, bem como o de avaliação do risco devido a exposição a vibrações, devem ser os previstos em normas portuguesas específicas.</p> <p>Recomenda-se que os valores limites de exposição ao ruído e as vibrações não ultrapassem os indicados em normas portuguesas.</p>
--	--	--

#### 4.3.3 Decreto-Lei n° 352/2007

Este Decreto-Lei aprova a Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais e a Tabela Nacional para Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil, a partir das quais se calcula a incapacidade do sinistrado ou doente e consequentemente direito à reparação. O capítulo referente à otorrinolaringologia é o capítulo IV, onde se podem destacar os seguintes aspetos:

- Surdez profissional é um conceito médico-legal, e não apenas clínico.



- As referências subjectivas, tais como ruído ambiente, ambiente ruidoso, poluição sonora e outras equivalentes, são irrelevantes para caracterizar o ruído como traumático para a cóclea; estas referências só dão a noção de incómodo.
- A avaliação ou medição da pressão sonora do ruído causal no posto de trabalho deve fazer-se a 10 cm do pavilhão auricular do trabalhador problema, nos termos da NP-1733.
- Os silêncios ou locais com ruído com nível não traumático permitem a recuperação da audição, sem lesão da cóclea. Nestes casos trata-se de fadiga auditiva, que é reversível sem sequelas. Por isso a pressão sonora destes locais deve entrar no cálculo do Leq dB(A), quando o posto de trabalho for móvel, para efeitos de reparação.
- O ruído com Leq 85 dB(A) é considerado cota de alarme para efeitos de prevenção, no âmbito da higiene e segurança do trabalho e da medicina do trabalho. Só o ruído com Leq 87 dB(A) é lesivo para a cóclea. A ausência do estudo do ruído nos postos de trabalho e a ausência de medidas de prevenção nos locais e ambientes de trabalho responsabilizam os empregadores por quaisquer danos para os trabalhadores. O não uso de protetores auriculares pelo trabalhador, quando fornecidos pelo empregador, é considerado atitude dolosa do trabalhador.
- O chamado escotoma, vale ou entalhe centrado nos 4000 Hz, no traçado audiométrico, como dado isolado, não permite o diagnóstico de trauma sonoro, por não ser patognomónico. Este acidente do traçado pode ocorrer noutras situações que nada têm a ver com o ruído.
- O diagnóstico de surdez profissional deve basear-se sempre em três factores:
  - a) Tempo mínimo de exposição;
  - b) Ruído com características sonotraumáticas;
  - c) Imagem de lesão no traçado audiométrico.
- Ao Leq dB (A) do posto de trabalho deve ser subtraído o coeficiente de abafamento do protetor auricular, efetivamente usado pelo trabalhador, para ser obtido o valor verdadeiro da pressão sonora que atinge ou atingiu a cóclea do trabalhador problema.
- Nos traçados audiométricos:
  - a) O simples escotoma centrado nos 4000 Hz não permite o diagnóstico de surdez profissional;
  - b) O RINNE (exame clínico realizado para avaliar a audição) fechado ou quase fechado não traduz lesão coclear pelo ruído;
  - c) A simples inclinação do traçado audiométrico sobre as frequências agudas não traduz surdez profissional, antes senescência da cóclea ou lesão de outra origem e, só por si, nunca permite o diagnóstico de surdez profissional.
- Existe nexo de causalidade quando estão reunidos e bem caracterizados:
  - a) O tempo mínimo de exposição efectiva ao ruído;
  - b) A característica sonotraumática desse mesmo ruído no posto de trabalho;

Só neste caso o escotoma de 4000 Hz, no traçado audiométrico, poderá impor o diagnóstico de surdez profissional, se outra causa não for identificada.

### • **Hipoacusia**

As perdas médias ponderadas deverão ser calculadas sobre as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 ciclos por segundo. A perda média é a média aritmética ponderada das perdas observadas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz, sendo os coeficientes de ponderação, respetivamente, 2, 4, 3 e 1.

De origem sonotraumática (surdez profissional). - Agente causal: ruído com Leq 87 dB(A) ou mais, calculado através das fórmulas matemáticas contidas na NP-1733 ou na Diretiva 2003/10/CE. A incapacidade é calculada através das perdas audiométricas nas frequências 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz. As perdas são lidas na via óssea. Quando o RINNE (exame clínico realizado para avaliar a audição) for positivo, o ponto de referência para ser lida a perda será a média da via óssea e da via aérea.

Os acufenos são adicionados aritmeticamente à incapacidade por hipoacusia. Os acufenos isolados ou sem hipoacusia indenizável não são valorizados e por isso a incapacidade, neste caso, será sempre 0 % (neste caso os acufenos têm outra origem que não a sonotraumática).

#### 4.4 Anatomia e fisiologia da audição

O ruído tem efeitos nocivos sobre o organismo aos mais diferentes níveis, efeitos que podem ser fisiológicos e psicológicos.

O ruído constitui uma causa de incômodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas extra-auditivas.

A audição consiste numa sequência de eventos em que o ouvido converte as ondas sonoras em sinais elétricos que são transmitidos ao cérebro e interpretados como sons (Miguel, 2012).

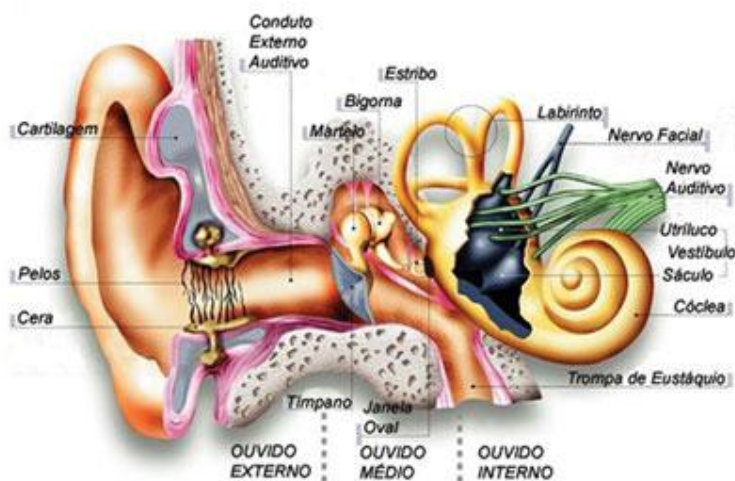


Figura 17 - Corte semi-esquemático mostrando a orelha externa, média e interna

O órgão da audição e também do equilíbrio é o ouvido. O ouvido é um órgão bilateral, podendo ser dividido em 3 áreas anatómicas, pelo ouvido externo, pelo médio e pelo interno. O ouvido externo capta as ondas sonoras, que o ouvido médio se encarrega de converter em energia mecânica. O ouvido interno converte a energia mecânica em impulsos nervosos, que em seguida são levados até ao cérebro. O ouvido médio ajuda a manter o equilíbrio.

### **Ouvido externo**

O ouvido externo é formado pela parte externa do ouvido, pavilhão da orelha, e pelo canal auditivo, canal auditivo externo. A orelha, formada por uma estrutura cartilaginosa coberta de pele, é rígida mas flexível, é responsável pela recepção das ondas sonoras e pela condução destas ao canal auditivo externo. Os sons captados pela orelha entram pelo canal auditivo e chegam à extremidade deste canal, ao tímpano, uma membrana com forma cônica coberta de pele, que separa o ouvido externo do ouvido médio. Ao ser estimulada pelas flutuações da pressão sonora, vibra, transmitindo essas vibrações ao ouvido médio.

### **Ouvido médio**

O ouvido médio estabelece a ligação entre o ouvido externo e o interno, é formado pelo tímpano e por uma pequena câmara cheia de ar que contém uma cadeia de três pequenos ossos, ossículos, que ligam o tímpano ao ouvido interno. Os nomes dos ossículos correspondem à sua forma: o martelo, que está ligado ao tímpano; a bigorna, que liga o martelo ao estribo, e o estribo, que está ligado à janela oval, localizada na entrada do ouvido interno. As vibrações do tímpano são amplificadas mecanicamente pelos ossículos e transmitidas à janela oval.

O ouvido médio também inclui dois diminutos músculos. O tensor do tímpano, que está ligado ao martelo, mantém o tímpano tenso; o músculo estapediano, que está ligado ao estribo, estabiliza a conexão entre o estribo e a janela oval. Como reação ao ruído intenso, o músculo estapediano contrai-se, proporcionando maior rigidez aos ossículos para que o som transmitido seja menos forte. Esta reação, chamada reflexo acústico, ajuda a proteger o delicado ouvido médio do dano que o ruído lhe pode provocar.

### **Ouvido interno**

O ouvido interno (labirinto) é uma complexa estrutura que consta de duas partes: a a cóclea, o órgão da audição, e os canais semicirculares, o órgão do equilíbrio.

A cóclea, um tubo oco em espiral com forma de caracol, contém um líquido espesso e o órgão de Corti, formado por milhares de células minúsculas (células ciliadas) com pequenos prolongamentos semelhantes a pêlos, que se estendem até ao líquido. As vibrações sonoras, transmitidas dos ossículos do ouvido médio à janela oval do ouvido interno, fazem vibrar o fluido e as projeções (filamentos semelhantes às pestanas). As diferentes células ciliadas reagem a diferentes frequências do som e convertem-nas em impulsos nervosos. Os impulsos nervosos são transmitidos através das fibras do nervo auditivo, que as transportam até ao cérebro. Apesar do efeito protetor do reflexo acústico, o ruído intenso pode danificar as células ciliadas. Quando uma destas células é destruída, aparentemente não volta a crescer. A exposição contínua a ruídos intensos provoca um dano progressivo e uma perda da audição.

Os canais semicirculares, que ajudam a manter o equilíbrio, são três tubos cheios de líquido colocados em ângulo reto entre si. Qualquer movimento da cabeça faz com que o fluido dos canais se mova. Conforme a direção em que a cabeça se move, assim o movimento do fluido pode ser maior num dos canais do que nos outros. Os canais contêm células ciliadas que reagem ao movimento do líquido. As células ciliadas iniciam os

impulsos nervosos que indicam ao cérebro em que direção se está a mover a cabeça e, como consequência, realiza-se a ação apropriada para manter o equilíbrio. Se os canais semicirculares se inflamarem, como sucede numa infeção do ouvido médio ou na gripe, a pessoa pode perder a noção do equilíbrio e ter vertigens (sensação de girar).

#### 4.4.1 Efeitos na saúde

Quando expostas a sobrecargas de ruído as células do ouvido sofrem alterações, aparecendo a perda de audição. A deterioração da audição é função da intensidade, frequência e tempo de exposição ao ruído, variando também de indivíduo para indivíduo. A perda de audição não apresenta contudo, um comportamento linear face à exposição, sendo nos primeiros anos que normalmente se verificam as perdas acentuadas (May, 2000).

A gama de audibilidade Humana situa-se entre os 20 Hz e os 20 000 Hz. Em consequência da forma do ouvido externo e outros fatores, a sensibilidade do ouvido Humano é, no entanto, maior na gama de frequências dos 1000 a 5000 Hz, pelo que, um trabalhador exposto a 90 dB nesta gama se encontra em maior risco do que outro exposto aos mesmos 90 dB fora desta gama. Assim, num esforço de expressar o ruído a que está exposto de uma forma uniforme e significativa para o largo espectro de frequências, este é medido com um filtro A. Isto consiste em aplicar um algoritmo ponderado à pressão sonora como é medida, de forma a que o ruído na gama das frequências de maior sensibilidade Humana seja dado como um valor de decibel relativamente maior. Este valor é apresentado em ‘dB(A)’ (May, 2000).

#### Aparelho auditivo

As perdas de audição são função da frequência e da intensidade do ruído, sendo mais evidentes para os sons puros e para as frequências elevadas.

Tabela 7 - Efeitos da exposição ao ruído no aparelho auditivo

Consequência	Descrição
Fadiga auditiva ou o Deslocamento Temporário dos Limiares Auditivos (TTS – Temporary Threshold Shift)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manifesta-se por uma diminuição temporária e reversível da capacidade auditiva, sendo determinada pelo grau de audição e pelo tempo que o ouvido tarda em retomar o limiar de audição inicial.</li> <li>- Depende fundamentalmente do espectro, intensidade e duração do estímulo e duração sonora que provoca a fadiga.</li> </ul>
Surdez ou o Deslocamento Permanente dos Limiares Auditivos (PTS – Permanent Threshold Shift)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tem cariz neurossensorial e irreversível (por destruição das células ciliadas do órgão de Corti).</li> <li>- É influenciada pelas características do ruído de exposição (tipo, espectro e nível de pressão sonora), pelo tempo de exposição e pela susceptibilidade individual, sendo mais evidente para sons puros e para frequências elevadas.</li> <li>- Num estágio inicial, o dano auditivo não interfere diretamente com a conversação diária, não sendo por isso imediatamente percecionado e combatido.</li> <li>- É evidenciada por uma diminuição da acuidade em torno dos 4000 Hz, formando um escotoma em U ou em V perceptível nos audiogramas, como consequência da predominância do espetro desse ruído em torno dos 1500 e 3500 Hz (Miguel, 2012), alargando-se progressivamente até abranger as baixas frequências, que estão diretamente relacionadas com a perceção da palavra.</li> </ul>

A exposição a ruído elevado pode provocar outras alterações ao nível da audição, para além dos TTS e dos PTS, nomeadamente pelo aparecimento de acufenos (zumbidos – de caráter temporário ou permanente), distorção do som e das palavras.

Segundo Bell, a evolução da surdez profissional pode ser esquematizada por três estádios, Tabela 8:

Tabela 8 - Evolução da surdez profissional e estádios da evolução (citado por Miguel, 2012)

Estádio	Descrição
0	Curva audiométrica normal.
1	Défice transitório: perda auditiva localizada somente na frequência de 4000Hz, não ultrapassando os 30 a 40 dB.
2	Período de latência: perda auditiva atingindo as frequências de conversação.
3	Período de surdez manifesta (doença profissional): perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais (geralmente dos 500 a 8000Hz).

Por último, há que considerar um processo de envelhecimento, ou seja de deterioração da audição com a idade que se designa por presbiacusia. Este efeito natural é mais marcante e rápido na gama superior de frequências audíveis. Na Figura 18 estão representadas curvas que traduzem a evolução com a idade das perdas médias em várias frequências.

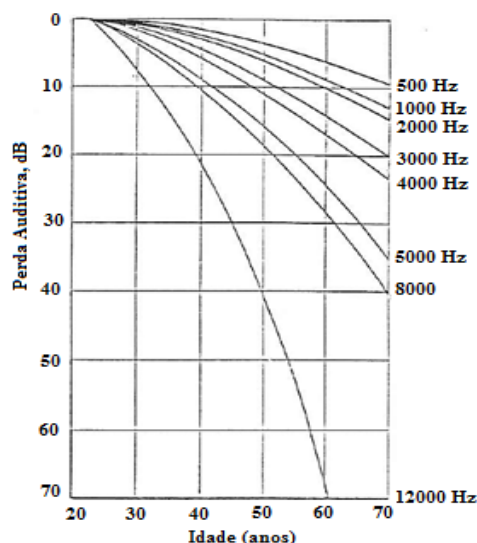


Figura 18 - Evolução com a idade das perdas auditivas (Miguel 2012)

### Efeitos combinados

A perda de audição pode também ser causada ou agravada pela utilização de produtos químicos. São substâncias ototóxicas conhecidas os solventes, os metais, os medicamentos e as substâncias asfixiantes. Os setores profissionais de elevada exposição ao ruído e a substâncias ou vibrações perigosas incluem a tipografia, pintura, construção naval, construção civil, indústria transformadora, indústria química, o fabrico de artigos de couro e de mobiliário, a agricultura e a indústria mineira. (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho).

### Outros efeitos na saúde

Há provas sobre vários tipos de efeitos para a saúde decorrentes de um nível médio de ruído, tais como problemas da voz, stresse, doenças cardiovasculares e problemas neurológicos. Um nível de ruído inferior ao que causa perda auditiva pode ter outros efeitos na saúde além dos que afectam a audição, se interferir permanentemente com o sono e o descanso, perturbar a comunicação e a inteligibilidade da fala ou interferir com tarefas mentais que exigem um elevado grau de atenção e concentração (Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho).

A nível fisiológico, destacam-se ainda os seguintes elementos que, possivelmente, geram desconforto no ser humano:



Figura 19 - Efeitos do ruído no organismo humano

O ruído ocupacional/industrial não é contudo a única fonte de ruído com potencial para provocar perdas/alterações auditivas, destacando-se na Figura 20 as seguintes situações:

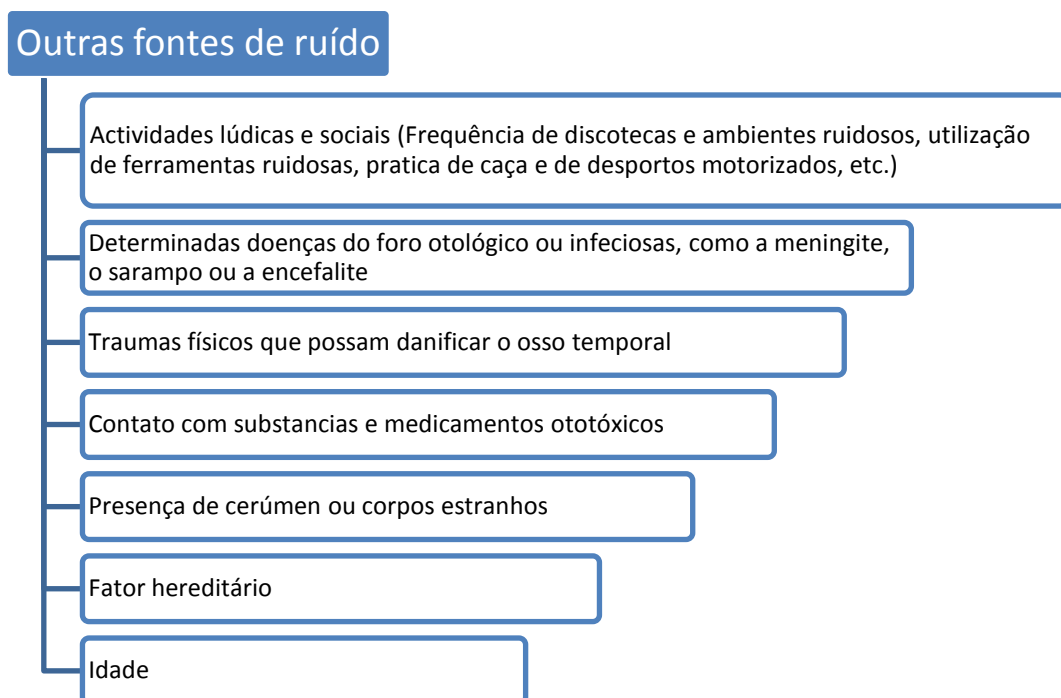


Figura 20 – Fontes de ruído com potencial para provocar perdas auditivas

## 4.5 Prevenção e controlo

É necessário desenvolver mais esforços com vista a reduzir o ruído nos locais de trabalho. Em estudos sobre medidas de controlo do ruído foram sugeridas várias abordagens diferentes e identificados alguns programas eficazes de proteção da audição. As empresas mais pequenas aplicavam procedimentos muito limitados de controlo do ruído e dependiam fortemente da utilização de equipamento de proteção individual.

São também necessárias melhorias que permitam reduzir eficazmente as emissões de ruído na fonte. As profissões de elevada exposição ao ruído no local de trabalho são geralmente aquelas em que é utilizada uma vasta gama de processos e de maquinaria.

Quando é necessária concentração, o ruído deve ser mantido a níveis baixos. É possível obter reduções consideráveis através de medidas acústicas.

### 4.5.1 Medição do ruído

A medição do ruído é efetuada por vários motivos entre as quais:

- Determinação da radiação sonora dos diversos equipamentos;
- Verificar se os níveis sonoros são suscetíveis de provocar danos auditivos ou a deterioração do ambiente;



- Obtenção de dados para efetuar planos de redução do ruído.

Todas estas medições obedecem a normas e critérios, os quais indicam a forma como estas se efetuam, bem como os aparelhos de medição que se utilizam. Na Figura 21, visualizam-se exemplos de aparelhos usados na medição do ruído.



Figura 21 - Aparelhos usados na medição do ruído

Aspetos a ter em consideração na medição:

- Calibração do equipamento no início e no final de cada medição ou série de medições;
- Posição de medição:
  - As medições devem ser realizadas, sempre que possível, na ausência do trabalhador com a colocação do microfone na posição em que se situaria a orelha mais exposta;
  - Quando tal não seja possível, o microfone deve ser colocado a uma distância de entre 0,10 m e 0,30 m em frente à orelha mais exposta do trabalhador – idêntica distância deve ser considerada na utilização dos dosímetros;
  - A direção de referência do microfone deve ser, se possível, a do máximo ruído, determinado por um varrimento angular do microfone em torno da posição de medição.
- Intervalo de tempo de medição:
  - Escolhido de modo a medir e a englobar todas as variações importantes dos níveis sonoros nos postos de trabalho e de modo a que os resultados obtidos evidenciem repetibilidade;
  - Pode ser subdividido em intervalos de tempo parciais com o mesmo tipo de ruído, designadamente pelo ruído correspondente às diferentes atividades do posto de trabalho ou do seu ambiente de trabalho;
  - Pode corresponder à duração total da atividade, a uma parte desta duração e a várias repetições da atividade, de modo que seja possível obter níveis de exposição sonora ou níveis sonoros contínuos equivalentes, ponderado A, estabilizados a mais ou menos 0,5 dB(A).



#### **4.5.2 Controlo do ruído**

O controlo do ruído deve ser levado a cabo implementando as seguintes medidas, por ordem de prioridade:

##### **1. Medidas construtivas ou de engenharia**

Atuam sobre a fonte produtora de ruído, ou no meio de propagação. Exemplos comuns deste tipo de medidas são o isolamento de máquinas ruidosas, instalação de silenciadores nos ventiladores e colocação de barreiras e painéis anti-ruído. Na fase de aquisição de equipamento há que estabelecer uma compra eficaz, que leve em conta as características da potência sonora dos equipamentos a adquirir.

##### **2. Medidas organizacionais**

Planeamento das atividades, com vista à eliminação/redução dos postos de trabalho expostos e do tempo de exposição, como por exemplo rotação dos trabalhadores que ocupam os postos de trabalho com níveis de ruído mais elevados e deslocação das atividades ruidosas para horários em que estejam menos trabalhadores presentes.

Embora as medidas organizacionais sejam consideradas a melhor solução para a exposição excessiva de ruído, estas são frequentemente, as alternativas mais caras e podem mesmo se revelarem como impraticáveis.

##### **3. Medidas de proteção individual**

Consistem no recurso a protectores auditivos, que bloqueiam a propagação do ruído.

Quando os protectores auditivos forem usados somente nos casos em que as medidas construtivas ou organizacionais não sejam viáveis (técnica ou economicamente), estes poderão ser a solução para combater os efeitos negativos da exposição ao ruído na indústria. A razão desta situação deve-se ao carácter económico e à facilidade de implementação dos mesmos.

#### **4.5.3 Proteção de ouvidos**

A proteção individual auditiva deve ser usada como medida de recurso, ou seja, somente nos casos em que as medidas construtivas ou organizacionais não sejam viáveis. No entanto, o recurso ao equipamento de protecção individual tem vindo a ser cada vez mais utilizado para minimizar os efeitos nefastos decorrentes da exposição ao ruído. O baixo custo e a facilidade de implementação desta medida fizeram que esta tenha vindo a ser a opção mais escolhida (Arezes, 2002).

Existem 2 tipos de protetores auditivos: protectores auriculares e tampões. Estes têm de satisfazer as exigências estabelecidas pelas normas NP EN 352-1:1993 e NP EN 352-2:1993, respetivamente. Os protetores auriculares montados num capacete de segurança industrial deverão seguir a NP EN 352-3:1996. Protetores auriculares e tampões auditivos

para proteção dos ouvidos, principalmente em locais onde o ruído é intenso, nomeadamente em fábricas de corte e laminação de metais.

### **Tampões**

Os tampões são protetores auditivos que são introduzidos no canal auditivo ou na cavidade do pavilhão auricular para obstruir a entrada, impedindo dessa forma que o ruído se propague até ao ouvido interno, Figura 22 e 23.



Figura 22 - Tampões auditivos pré-moldados



Figura 23 - Tampões moldáveis

### **Auriculares tipo abafador**

Os protectores auriculares ou abafadores, são protectores auditivos que consistem em duas calotes posicionadas contra um dos pavilhões auriculares ou numa calote circum-aural posicionada contra a região periauricular. As calotes são pressionadas contra os pavilhões auriculares por uma banda à volta ou atrás da cabeça ou por baixo do queixo, Figura 24 e 25.



Figura 24 - Protetor auricular passivo



Figura 25 - Protetor auricular ativo

Tabela 9 - Vantagens e desvantagens dos tampões vs abafadores

Tampões	Abafadores
<b>Vantagens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequenos e fáceis de transportar;</li> <li>• Convenientes para usar em simultâneo com outros equipamentos de proteção individual;</li> <li>• Mais confortáveis para os usos prolongados em ambientes quentes e húmidos;</li> <li>• Convenientes para uso em zonas confinadas;</li> <li>• Melhores <i>performances</i> nas baixas e médias frequências.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor variação da atenuação conferida de utilizador para utilizador;</li> <li>• Possibilidade de utilização com problemas menores do foro da otorrinolaringologia;</li> <li>• Um tamanho serve à maioria dos utilizadores;</li> <li>• Melhores <i>performances</i> nas altas frequências.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerem mais tempo para a colocação e remoção;</li> <li>• Colocação correta mais difícil;</li> <li>• Possibilidade de irritação do canal auditivo;</li> <li>• Requerem boas práticas de higiene, para que não sejam introduzidas no canal auditivo poeiras ou sujidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais pesados e mais incómodos de transportar;</li> <li>• Apresentam incompatibilidade com outros equipamentos de proteção individual;</li> <li>• Mais desconfortáveis em ambientes quentes e húmidos;</li> <li>• Impossibilidade de utilização em zonas confinadas;</li> <li>• Dificuldade de utilização com óculos de leitura.</li> </ul>

### Procedimento para a seleção dos protetores auditivos

A escolha criteriosa dos protectores auditivos obedece a um procedimento técnico específico:

1. Determinação do espectro de ruído no posto de trabalho em análise;
2. Seleção do protetor cuja atenuação conduz o ruído, que passa através dele, a níveis considerados não perigosos;
3. Escolha de um protetor que não atenua em demasia o ruído, sob pena de não se ouvir nada, com as consequências que daí podem advir ao nível da presença de outros fatores de risco.

### Crítérios para a seleção e utilização de protetores auditivos

Sob o ponto de vista de segurança, embora sendo a atenuação o principal fator a considerar, não é, no entanto, um fator único que deve ser tido em atenção para a seleção e utilização de protetores de ouvido. Dever-se-ão, também, considerar outros fatores, nomeadamente:

- Ações térmicas: projeções de gotas de metais de fusão, exemplo, em trabalhos de soldadura;
- Desconforto e incómodo durante o trabalho: devido essencialmente à conceção ergonómica do aparelho (massa demasiado elevada, pressão de aplicação demasiada, aumento da transpiração). Ter em atenção que existe três tipos de dimensões (largo, médio e pequeno);
- Limitação da capacidade de comunicação acústica: nomeadamente, a deterioração da inteligibilidade da palavra, de reconhecimento dos sinais, dos ruídos informativos ligados ao trabalho e da localização direcional. Estes riscos podem ser

originados por variação da atenuação com frequência, ou por diminuição das qualidades acústicas, devendo a escolha ser efetuada após experiência auditiva;

- Acidentes e perigos para a saúde: exemplo, compatibilidade deficiente, falta de higiene, materiais inadequados, etc;
- Insuficiente eficácia de proteção: provocada por escolha ou utilização incorreta do protetor. Devem ser respeitadas as indicações do fabricante (quanto a classes de proteção e utilização específica que se destina), e as condições de conservação, controlo ou substituição em tempo oportuno.

A seleção, utilização e manutenção de protetores auditivos deve ter em consideração o disposto na EN 458:2004 e no Decreto-Lei n.º182/2006, de 6 de setembro.

Os aparelhos protetores de ouvido devem satisfazer as exigências estabelecidas pelas EN 352-1 a EN 352-7, nomeadamente quanto a valores mínimos de atenuação e respetivos desvios padrão.

### **Identificação dos protetores auditivos**

Devem, também, conter informação preconizada para permitir a escolha adequada, tendo em vista minimizar os fatores de risco referidos, assim como uma marcação obrigatória onde conste:

- Para os protetores auriculares (marcação no aparelho):
  - Identificação do fabricante;
  - Modelo;
  - No caso de necessidade de orientação particular, o fabricante deve indicá-la, e exemplo, Left (esquerdo) ou Right (direito);
  - Referência à EN 352-1:2002;
- Para os protetores do tipo tampões (marcação na embalagem):
  - Identificação do fabricante;
  - Referência à EN 352-2:2002;
  - Modelo;
  - Instruções para a colocação e uso adequado.

### **CrITÉrios de seleção dos protetores auditivos**

O Decreto-Lei n.º182/2006, de 6 de setembro, apresenta o método de cálculo da atenuação dos protetores auditivos, tendo por base a análise espectral das fontes sonoras a que os trabalhadores estão expostos ao longo do seu dia de trabalho. Este método é bastante rigoroso, não sendo, contudo, o único existente.

Uma vez que existem vários métodos, deve ser dada preferência ao método por bandas de oitava. No entanto, atendendo ao disposto no ponto 3, do anexo V do Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro, nas situações em que o espectro do ruído não contenha componentes significativas de baixa frequência, podem ser utilizados os métodos de seleção dos protetores auditivos definidos na normalização aplicável, nomeadamente os métodos HML e SNR.

## Métodos de seleção alternativos

O método de seleção a usar deve seguir a ordem de preferência a seguir adotada:

Tabela 10 - Métodos de seleção dos protetores auditivos

Método recomendado	Na utilização do método devemos utilizar os seguintes passos:
<b>Método por banda de oitava</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fase 1:</b> medir o nível de pressão sonora contínua equivalente, ponderado A, em cada banda de oitava, <math>L_{Aeq,f,Tk}</math>, do ruído a que o trabalhador está exposto, para cada posto de trabalho que ocupa, definindo assim o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante Tk horas por dia;</li> <li>- <b>Fase 2:</b> Determinar os níveis globais, em dB(A) por banda de oitava <math>L_{63}, L_{125}, \dots, L_n, \dots, L_{8000}</math>, de acordo com a seguinte equação: <math>L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2S_f</math>;</li> <li>- <b>Fase 3:</b> Com os níveis globais, obtidos como indicado na alínea anterior, calcular o nível sonoro contínuo equivalente, <math>L_{Aeq,f,Tk}</math>, de cada ruído que ocorra durante o tempo Tk, estando o trabalhador equipado com protetores auditivos, pela equação: <math>L_{Aeq,f,Tk} = 10 \lg \sum_{ln} 10^{0,1Ln}</math>;</li> <li>- <b>Fase 4:</b> Aplicar ao conjunto destes valores, calculados como refere a alínea anterior, a exposição pessoal diária efetiva, <math>L_{EX,8h,efet}</math>, em dB(A), de cada trabalhador que use protetores auditivos: <math>L_{EX,8h,efet} = 10 \lg 10^{\frac{K-n}{K-1}} \left[ \left( \frac{1}{8} \right) \sum_{ln} Tk 10^{(0,1LnAeq,Tk,efet)} \right]</math>.</li> </ul>
<b>Método HML</b> (H, M e L são três valores de atenuação que são utilizados para calcular a Redução Prevista do Nível Sonoro (PNR), que é de seguida subtraída ao nível de pressão sonora ponderado A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fase 1:</b> calcular a diferença entre os níveis de pressão sonora ponderado C e A do ruído, <math>(L_C - L_A)</math>;</li> <li>- <b>Fase 2:</b> calcular a redução prevista do nível sonoro (PNR) com o auxílio de uma das equações seguintes: <ul style="list-style-type: none"> <li>o <math>PNR = M - \frac{H-L}{4} (L_C L_A - 2)</math>, para <math>(L_C - L_A) &gt; 2dB</math>;</li> <li>o <math>PNR = M - \frac{H-M}{4} (L_C L_A)</math>, para <math>(L_C - L_A) \leq 2dB</math>;</li> </ul> </li> <li>- <b>Fase 3:</b> arredondar para o número inteiro mais próximo;</li> <li>- <b>Fase 4:</b> calcular o nível de pressão sonora ponderado A efetivo no ouvido com o auxílio da equação seguinte: <math>L'_A = L_A - PNR</math>.</li> </ul>
<b>Método SNR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fase 1:</b> O nível de pressão sonora ponderado A previsto sob o protetor auditivo <math>L'_A</math> pode ser calculado com base no nível de pressão sonora ponderado C no local de trabalho <math>L_C</math> de acordo com: <math>L'_A = L_C - SNR</math>;</li> <li>o Ou com base no nível de pressão sonora ponderado A, <math>L_A</math> de acordo com: <math>L'_A = L_A + (L_C - L_A) - SNR</math>.</li> <li>- <b>Fase 2:</b> Comparar <math>L'_A</math> com o nível de ação [85dB]. Verifica-se a atenuação é suficiente ou não.</li> </ul>

De acordo com a NP EN 458, é conveniente que o valor de  $L'_A$ , não seja inferior a -15 dB em relação ao nível de ação (85 dB), de modo a evitar-se sobreproteção do trabalhador. Deste modo, e atendendo ao valor do nível ponderado A efetivo ao nível do ouvido, a norma estabelece e classifica a proteção dada por um protetor auditivo do seguinte modo:

Tabela 11 - Classificação da proteção de acordo com a NP EN 458

Nível ponderado A efetivo no ouvido $L'_A$ , em dB	Estimativa de proteção
$\geq 85 \text{ dB}$	Insuficiente
Entre 80 dB e 85 dB	Aceitável
Entre 75 dB e 80 dB	Satisfatória
Entre 70 dB e 75 dB	Aceitável
$\leq 70 \text{ dB}$	Excessiva (sobreproteção)

#### 4.5.4 Conforto e proteção individual auditiva

É de uma grande importância que os protetores individuais sejam confortáveis, já que este é um fator determinante para o seu uso. As principais características dos equipamentos de proteção individual auditiva e a sua relação com o conforto estão descritas na Tabela 12 seguinte:

Tabela 12 - Características dos equipamentos de proteção individual e a sua relação com o conforto

Características	Descrição
Atenuação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Legislação para o cálculo da determinação da atenuação que deve ser conferida por um protector individual auditivo;</li> <li>Não se deve cair no erro de seleccionar dispositivos que confirmem proteção excessiva;</li> </ul>
Peso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potenciador de desconforto;</li> <li>Normalmente existe uma relação direta entre a atenuação conferida e o peso do abafador, aumentando um na razão direta do outro.</li> </ul>
Pressão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pressão exercida pela banda e espuma de vedação dos abafadores;</li> <li>A pressão exercida no ouvido externo pelos tampões de inserção semi-aural;</li> <li>A pressão exercida no interior do canal auditivo pelos tampões.</li> <li>A norma portuguesa EN 352-1, define a pressão máxima que deve ser exercida por cada um destes elementos.</li> </ul>
Textura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os materiais e consistência dos componentes têm que ser levados em conta na sua concepção;</li> <li>As partes do dispositivo em contato com a pele devem ser macias e flexíveis, não causar irritações ou alergias.</li> </ul>
Capacidade de dispersar o calor gerado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limita as trocas de calor da área coberta com o ambiente, conduzindo a um aumento de temperatura localizado.</li> <li>Causa desconforto, em ambientes térmicos quentes, e pode ser benéfico em temperaturas baixas.</li> </ul>
Capacidade de absorver a transpiração	<ul style="list-style-type: none"> <li>Em ambientes térmicos quentes é normal que ocorra sudorese na zona de contato do protector auditivo com a pele;</li> <li>Pode ocorrer irritação na área de contato.</li> </ul>
Dificuldade em realizar tarefas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dificuldade de realizar normalmente as tarefas associadas ao posto de trabalho.</li> </ul>
Dificuldade de colocação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protetores que requerem procedimentos mais complexos de colocação tendem a ser mal/menos vezes colocados;</li> <li>A dificuldade de colocação pode surgir como consequência da utilização simultânea de diversos equipamentos individuais.</li> </ul>
Diminuição da inteligibilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>A capacidade de entender distintamente os sons em geral e a fala em particular, é uma das principais causas para não se usar proteção individual auditiva;</li> </ul>
Aspeto estético	<ul style="list-style-type: none"> <li>É apontado como causa para a não utilização dos protetores auditivos (Arezes, 1998).</li> </ul>

#### 4.5.5 Exames médicos e audiométricos

Segundo o Decreto-Lei nº 182/2006, o empregador deve assegurar a verificação anual da função auditiva e a realização de exames anuais audiométricos a trabalhadores expostos a

ruído acima dos valores de ação superiores, e bienal a trabalhadores expostos a ruído acima dos valores de ação inferiores.

O exame clínico do aparelho auditivo, estudo do histórico de qualquer problema no aparelho auditivo e exames audiométricos devem ser feitos previamente à admissão de trabalhadores em locais muito ruidosos (Miguel, 2012).

A realização de exames audiométricos pode ser por via aérea (utilizando auscultadores) e via óssea (colocando um vibrador ósseo no mastóide). A intensidade mínima para a qual um trabalhador percebe um tom puro, gerado e enviado por um audiómetro representa o limiar tonal do indivíduo para essa frequência. A determinação dos limiares tonais repete-se para cada frequência considerada, e para cada um dos ouvidos, de forma independente.

#### 4.6 Critérios para o cálculo e classificação das perdas auditivas

Após a realização dos exames audiométricos e a obtenção dos seus resultados, existem diferentes metodologias para o cálculo e classificação do tipo e grau de perdas auditivas:

- A Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal aprovado pelo Decreto-Lei nº 352/2007. Para o cálculo das perdas auditivas, ponderam-se os resultados do melhor ouvido (com menos perdas) para frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os fatores de ponderação de 2, 4, 3 e 1, respetivamente. Para a hipoacusia bilateral, a audiometria tonal deverá revelar uma perda igual ou superior a 35 dB.
- O Critério do BIAP – Bureau International d’AudioPhonologie – calcula as perdas auditivas através da média dos limiares tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda ser assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o ouvido pior, dividindo-se a soma por 10. O resultado obtido é arredondado por excesso. Este critério permite ainda classificar as deficiências auditivas em 6 estados:

Tabela 13 - Critério permite ainda classificar as deficiências auditivas

Estado	Classificação das deficiências auditivas
Normal	Perda auditiva inferior a 20 dB. Corresponde a uma perda ligeira sem incidência social.
Ligeira	Perda auditiva compreendida entre 21 e 40 dB. Uma conversa em tom normal é compreendida. Contudo, existem dificuldades se tal for realizada em voz baixa ou afastada.
Moderada	Entre 41 e 70 dB. O discurso é entendido quando a se eleva o tom de voz. O indivíduo compreende melhor a mensagem se poder observar o interlocutor.
Severa	De 71 e 100 dB. O discurso é entendido se a quando o tom de voz é forte e próximo da orelha.
Profunda	Entre 100 e 119 dB. O indivíduo é incapaz de perceber a palavra, apenas ruídos muito potentes.
Total	Perda média superior a 120 dB. Nenhuma percepção do ruído.





## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Recolha de dados

#### 5.1.1 Estudos de ruído

Os estudos de ruído foram realizados por uma empresa externa de segurança do trabalho e encontram-se em suporte de papel. A partir desses dados obteve-se o nível sonoro de exposição pessoal para cada trabalhador e ainda uma caracterização do ruído em cada um dos setores de produção. Compilando toda a informação numa folha de EXCEL avançou-se para o tratamento estatístico.

#### 5.1.2 Exames audiométricos

Os exames audiométricos existentes no arquivo do gabinete da médica de trabalho encontram-se em suporte de papel e o mais recente, realizado durante este trabalho, encontra-se em suporte digital. Esta informação permitiu o cálculo das perdas auditivas.

#### 5.1.3 Questionários

A realização dos questionários aos trabalhadores permite conhecer o historial clínico, pessoal e também profissional com interesse para o estudo. O questionário é preenchido de forma individual em suporte papel.

##### Identificação

Este primeiro questionário visa obter informação sobre o colaborador, respetivo posto de trabalho e as suas habilitações literárias.

Tabela 14 - Questionário aos trabalhadores - Identificação.

<b>Nome funcionário:</b>							
<b>Função:</b>							
<b>Área de trabalho:</b>							
<b>Escolaridade:</b>							
Até ao 4º ano		4º ano - 9º ano		9º ano – 12º ano		Superior ao 12º ano	

### Historial de exposição ao ruído de âmbito profissional

A segunda parte do questionário remete para a caracterização de eventuais situações de exposição a ruído excessivo de âmbito profissional anteriores à entrada na empresa em estudo.

Tabela 15 - Questionário aos trabalhadores – Historial de exposição ao ruído de âmbito profissional

Antes de trabalhar nesta empresa, desenvolveu alguma atividade noutras empresas?			Sim	
			Não	
Se sim, diga qual o tipo de atividade desenvolvida nas 2 últimas?	Qual o tipo de exposição ao ruído?			Duração ? (anos)
	Pouco intensa	Intensa	Muito intensa	
Atividade 1:				
Atividade 2:				

### Historial de exposição ao ruído de âmbito não profissional

Esta parte, procura-se caracterizar e registar eventuais situações de exposição ao ruído excessivo, fora do local e ambiente de trabalho, em momento de lazer.

Tabela 16 - Questionário aos trabalhadores – Historial de exposição ao ruído de âmbito não profissional

Atividade / Origem do ruído	Sim	Não
Prestou serviço militar?		
Pratica caça ou tiro?		
Pratica automobilismo, motociclismo ou outros desportos motorizados?		
Costuma utilizar ferramentas ruidosas (berbequins, martelos, etc.), por exemplo numa oficina doméstica?		
Desenvolve actividades ou visita frequentemente discotecas ou espetáculos musicais?		
Foi vítima de rebentamentos ou explosões?		
Outra? Qual?		

### Antecedentes

Na quarta parte do questionário remete para uma avaliação pessoal, familiar e de eventos clínicos que potenciem perdas auditivas.

Tabela 17 - Questionário aos trabalhadores – Antecedentes.

<b>Familiares</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Tem familiares com problemas de surdez?		
<b>Pessoais</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Fuma ou fumou de forma habitual?		
Tem diabetes?		
Sofreu algum traumatismo craniano?		
Tem / teve problemas nos <u>ouvidos</u> ? – (otites, rompimentos, sarampo, febre tifóide, sífilis etc.)?		
Recebeu tratamentos com medicamentos potencialmente ototóxicos, <u>contendo quinino, salicilatos, gentamicina, cenamicina</u> , etc?		
<b>Exposição profissional a substâncias ototóxicas</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Trabalhou com chumbo, benzeno, tolueno, mercúrio ou monóxido de carbono?		

### Proteção auditiva

Nesta parte procura-se questionar sobre a utilização dos equipamentos de proteção individual auditiva, o tipo de protetor que utilizam e a perceção individual do estado auditivo.

Tabela 18 - Questionário aos trabalhadores – Proteção auditiva.

<b>Utilização de proteção auditiva</b>	<b>Sempre</b>	<b>Nunca</b>
Costuma utilizar protecção auditiva?		
<b>Tipo de protetor</b>	<b>Tampões</b>	<b>Abafadores</b>
Qual o tipo de protector que utiliza?		
<b>Perceção individual do estado auditivo</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Ouve bem?		
Sente zumbidos (acufenos ou tinnitus) nos ouvidos?		

## 5.2 Análise em componentes principais

A Análise em Componentes Principais (ACP) é uma técnica estatística multivariada, no domínio da Análise Fatorial, que permite a visualização e a redução de dados contidos em tabelas de grandes dimensões, cruzando um certo número de indivíduos com as variáveis quantitativas que os caracterizam.

A Análise em Componentes Principais é aplicável a tabelas de *input* constituídas por números reais e permite encontrar os factores que melhor explicam as similitudes e oposições entre indivíduos e variáveis. Esses fatores, hierarquizados por ordem decrescente da sua importância para a explicação da tabela de partida, constituem um sistema de eixos ortogonais onde é possível visualizar, sob a forma gráfica, as projeções dos constituintes da matriz de dados. A interpretação dos gráficos com base num conjunto de regras simples e claras, evidenciando as relações mais significativas existentes nas tabelas de *input*.

Partindo de uma matriz de dados quantitativos  $Q$  de  $n$  linhas por  $p$  colunas, toma-se cada linha da matriz  $Q$  (representando um indivíduo ou uma amostra) como um vector em  $R^P$  ( $\vec{q}_i$ ) e cada coluna (representando uma propriedade ou variável quantitativa) como um vector em  $R^n$  ( $\vec{q}_j$ ).

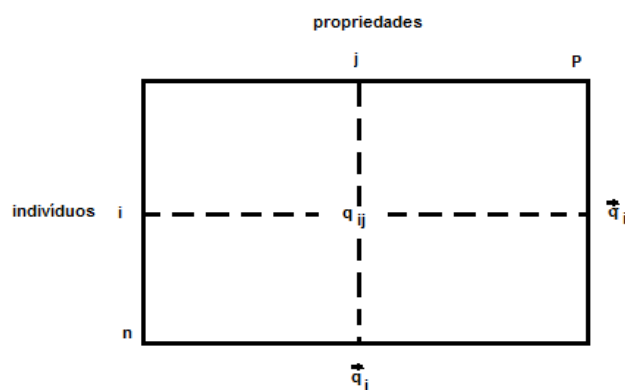


Figura 26 - Matriz de dados  $Q$ , de elemento genérico  $q_{ij}$ ;  $q_i$  é um vector que representa o indivíduo  $i$  em  $R^P$ ;  $q_j$  é o vector que representa a propriedade  $j$  em  $R^n$  (Pereira, 1990)

A matriz  $Q$  pode ser tomada como uma nuvem de  $n$  pontos em  $R^P$  ou uma nuvem de  $p$  pontos em  $R^n$ . Se  $p$  ou  $n$  forem superiores a 3, é impossível visualizar as relações dos indivíduos entre si ou das propriedades entre si.

A Análise em Componentes Principais tem como objetivo:

- Reduzir a dimensionalidade do espaço em que os indivíduos e propriedades estão projetados, perdendo o mínimo de informação;
- Transformar o referencial de partida noutro sistema de eixos, tal que a projecção da nuvem nesses eixos factoriais vai sendo sucessivamente menor, à medida que a ordem de extracção dos factores aumenta;
- Procurar o primeiro eixo factorial como o vector onde é máxima a soma dos quadrados das projecções da nuvem nesse eixo;
- Procurar o segundo factor que está contido no hiperplano normal ao primeiro, e é a direcção desse hiperplano onde é máxima a soma dos quadrados das projecções da nuvem nesse eixo;

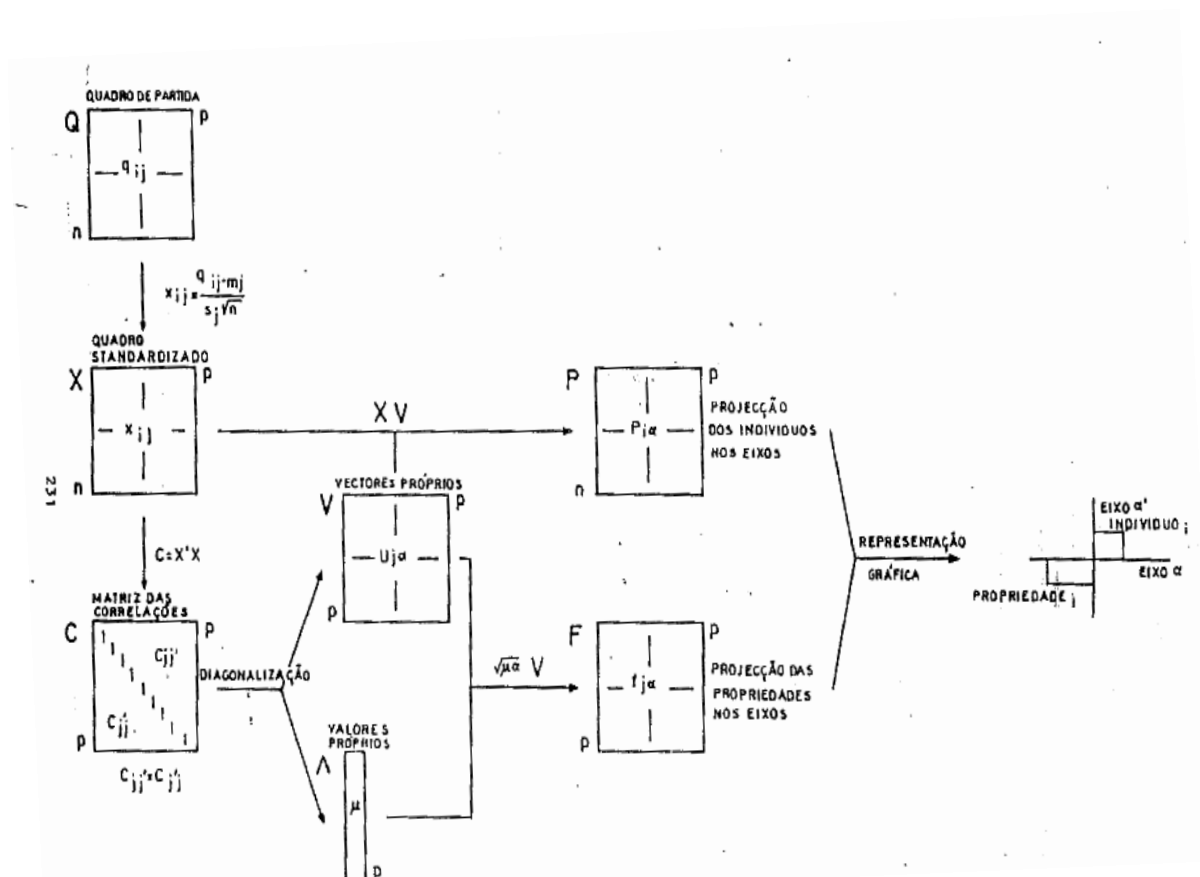


Figura 27 - Algoritmo de Análise em Componentes Principais (Pereira, 1990)

O algoritmo prossegue do mesmo modo até extrair todos os eixos da nuvem, que são  $p$  em  $R^p$  ou  $n$  em  $R^n$ . Através deste algoritmo, a nuvem dos  $n$  indivíduos fica assim referida a um novo referencial de  $p$  eixos, tal que os eixos de ordem elevada, superior a 3, contêm uma percentagem pouco importante da informação sobre a localização dos indivíduos no espaço. Se se aceitar desprezar a informação contida nos eixos de ordem superior a  $p_1 \ll p$  e reter apenas os  $p_1$  primeiros eixos, a descrição dos indivíduos pode ser feita no novo referencial, no qual a interpretação é evidentemente facilitada, através da análise de um pequeno número de gráficos planos cruzando as projecções apenas nos eixos retidos. Ao escolher  $p_1$  conhece-se a perda de informação inerente ao método – é a soma dos quadrados das projecções nos eixos de ordem superior a  $p_1$ .



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análise e descrição da situação encontrada

A consulta dos estudos de ruído disponíveis permitiu constatar que o processo fabril é gerador de níveis de pressão sonora bastante elevados. Na Tabela 19 apresentam-se os valores de  $L_{EX, 8h}$  por setor, onde se verifica que apenas na serralharia os níveis de  $L_{EX, 8h}$  são inferiores a 85 dB, nos outros setores os valores de  $L_{EX, 8h}$  são superiores a 85 dB.

Tabela 19 - Valores de  $L_{EX, 8h}$  para os vários setores

Setor	Nº trabalhador do estudo	Idade aquando da realização da audiometria (anos)	Tempo de exposição (anos)	$L_{EX, 8h}$ dB(A)			$L_{EX, 8h}$ dB(A)	Média (dB)
				2006	2010	2012		
Serralharia	1	56	27	85,0	84,9	82,0	84,7	81.2
	13	59	21	78,6	79,3	83,2	79,3	
	20	49	12	78,6	79,3	83,2	79,7	
Corte	3	55	27	103,5	90,7	90,9	102,3	93.3
	16	39	18	93,1	86,2	85,4	91,4	
	29	48	33	88,4	83,6	85,4	87,7	
	30	44	24	93,1	86,2	85,4	91,9	
Balancés	6	45	24	90,1	87,4	79,9	89,2	88.5
	15	49	24	90,1	87,4	80,8	89,2	
	22	60	22	87,7	84,0	84,9	86,8	
	27	55	40	87,7	84,0	84,2	87,2	
	28	52	28	90,1	87,4	80,8	89,3	
	26	62	36	90,1	87,4	80,8	89,5	
Repuxagem	10	51	37	90,5	93,1	86,7	90,6	90.6
	11	52	23	90,1	93,1	86,7	90,4	
	21	42	24	90,5	93,1	85,6	90,7	
	23	53	38	90,5	93,1	86,7	90,6	
	36	46	28	90,5	93,1	86,7	90,7	
Beirar	25	37	23	90,5	93,1	76,5	90,6	90.6
Polimento manual	12	50	22	103,5	89,6	90,9	101,9	96.6
	17	52	37	103,5	89,6	90,9	102,6	
	18	54	38	90,5	93,1	90,9	90,8	
	19	52	21	90,5	93,1	90,9	91,0	
Polimento automático	9	52	22	90,5	93,1	80,7	90,6	90.6
Polimento vibração	14	53	24	90,6	89,4	81,0	89,9	89.9
Cravamento	2	57	40	92,6	90,8	84,7	92,1	92.2
	4	53	21	92,6	90,8	82,0	91,6	
	8	53	38	92,6	90,8	81,1	92,1	
	35	36	21	92,6	90,8	82,0	92,9	
Limpeza	5	52	23	92,6	90,8	84,7	91,8	92.1
	7	46	25	92,6	90,8	84,7	91,8	
	24	42	24	92,6	90,8	84,7	91,8	
	31	53	39	92,6	90,8	84,7	92,1	
	32	54	40	92,6	90,8	84,7	92,1	
	33	56	21	92,6	90,8	84,7	92,9	
	34	39	24	92,6	90,8	84,7	91,8	

## 6.2 Descrição das variáveis em estudo

### 6.2.1 Idade do trabalhador

O valor da idade do trabalhador, considerado para o estudo em causa, corresponde à diferença entre o ano no qual se realizou o exame audiométrico e o ano de nascimento do trabalhador.

### 6.2.2 Tempo de exposição ao ruído ocupacional

O tempo de exposição ao ruído ocupacional é variável para cada trabalhador e é calculado em função do ano de entrada na empresa e do ano no qual se realiza o exame audiométrico

### 6.2.3 $L_{EX, 8h}$

Os estudos do ruído, tendo como base o cálculo da exposição individual diária dos trabalhadores, foram realizados por uma empresa externa, nos anos de 2006, 2010 e 2012.

A expressão 10 permite calcular o valor global da exposição individual diária ao ruído.

$$L_{EX, 8h} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{EX, 8hi}} \right) \quad (10)$$

em que,

$L_{EX, 8h}$  - Valor de exposição individual diária ao ruído, a que estaria exposto o trabalhador, durante o período T;

$T$  – Tempo total de exposição;

$t_i$  – Tempo de exposição parcial, ao qual corresponde  $L_{EX, 8hi}$ ;

$L_{EX, 8hi}$  - Valor de exposição individual diária ao ruído durante o período de tempo  $t_i$ .

### 6.2.4 Perdas auditivas

Para o cálculo das perdas auditivas e para tornar a interpretação mais intuitiva em termos de quantificação e classificação da perda foi utilizado o critério BIAP, o qual permite também considerar a perda em ambos os ouvidos.

O critério do BIAP - Bureau International d'AudioPhonologie, calcula as perdas auditivas através da média dos tonais para as frequências 500, 1000, 2000 e 4000 Hz. No caso de a perda se assimétrica, pondera-se a perda auditiva nos 2 ouvidos utilizando um coeficiente de valor 7 para o ouvido melhor e 3 para o pior, dividindo-se a soma por 10. O resultado obtido é arredondado por excesso.



## 6.3 Resultados dos inquéritos

A partir do questionário referido no capítulo 5.1.3 e através da análise das respostas, pode-se obter uma caracterização da história de exposição ao ruído ocupacional e não ocupacional, do historial familiar, pessoal ou de eventos clínicos que poderiam provocar perdas auditivas, da utilização de proteção auditiva e da perceção individual do estado auditivo.

### 6.3.1 Amostra em estudo

Da análise da Tabela 20 é possível apresentar uma caracterização mais específica da amostra em estudo. É possível constatar que a maioria dos trabalhadores são do sexo masculino, 77,4 %, a média de idade é de 50,2 anos e o período médio de permanência na empresa é bastante elevado, 27,4 anos.

Tabela 20 - Caracterização da amostra em estudo

Amostra	Nº de trabalhadores considerados	Sexo				Idade (anos)		Antiguidade (anos)	
		M	%	F	%	Média	dp	Média	dp
Estudo	31	24	77,4	7	22,6	50,2	6,2	27,4	7,4
Excluídos	5	3	60,0	2	40,0	51,6	7,7	29,4	8,4

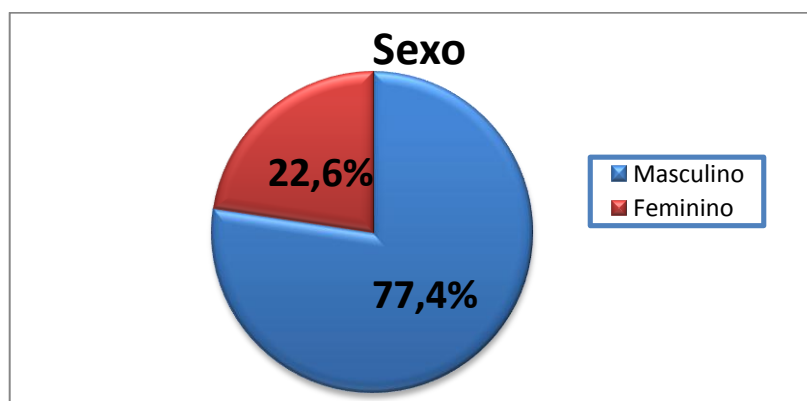


Gráfico 1 - Caracterização da amostra em estudo

### 6.3.2 Escolaridade

Na Tabela 21 apresentam-se os níveis de escolaridade dos trabalhadores, onde é possível verificar que 90,3 % dos indivíduos em estudo não prosseguiram os seus estudos para além do ensino básico.

Tabela 21 - Nível de escolaridade dos trabalhadores em estudo

Amostra	Até ao 4º ano	Do 4º ano ao 9º ano	Do 9º ano ao 12º ano	Superior ao 12º ano
N	13	15	3	0
%	41,9	48,4	9,7	0

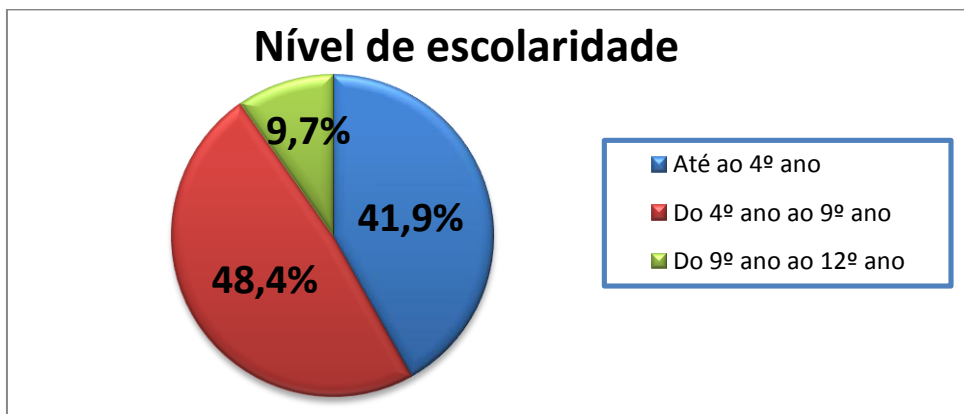


Gráfico 2 - Nível de escolaridade da amostra em estudo

### 6.3.3 Histórico de exposição ao ruído

#### Profissional

É possível verificar da Tabela 22 que 42 % dos indivíduos em estudo exerceram funções noutras empresas antes de ingressarem na fábrica em estudo.

Tabela 22 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividades ocupacionais

Atividade anterior	Pouco intensa		Intensa		Muito intensa		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Atividade 1	4	13	9	29	1	3	13	42
Atividade 2	0	0	2	6	0	0	2	6

#### Não profissional

Da Tabela 23 é possível verificar um significativo número de trabalhadores que esteve a cumprir serviço militar (45,2 %), pelo que se pode assumir que foi realizada a prática de tiro mas não são conhecidas as condições em se realizou essa prática.

As outras atividades não profissionais são consideradas bastante reduzidas pelo que apenas são consideradas no caso de se detetarem, nos audiogramas, perdas auditivas suspeitas, ou seja, com um valor demasiado elevado.

Tabela 23 - Histórico de exposição ao ruído proveniente de atividade não ocupacionais

Atividade / Origem do ruído	N	%
Prestação de serviço militar	14	45,2
Prática de caça ou tiro	1	3,2
Utilização de ferramentas ruidosas	1	3,2
Vítima de rebentamentos ou explosões	2	6,5

### 6.3.4 Antecedentes familiares e pessoais

Através da Tabela 24 constata-se existe um elevado índice de tabagismo entre os trabalhadores (35,5 %) bem como a existência no passado familiar com problemas de surdez. De igual forma também existe um elevado número de problemas nos ouvidos, otites ou rompimentos dos tímpanos, e indivíduos com doenças infecciosas, como por exemplo meningite, sarampo ou febre tifóide.

Tabela 24 - Antecedentes familiares e pessoais

Antecedentes	N	%
Familiares com surdez	7	22,6
Tabagismo	11	35,5
Diabetes	4	12,9
Traumatismo craniano	1	3,2
Problemas nos ouvidos	5	16,1
Doenças infecciosas	10	32,3

### 6.3.5 Utilização de proteção auditiva

Na Tabela 25 apresentam-se os hábitos de utilização de proteção auditiva dos trabalhadores. Constata-se que mais de 90 % dos trabalhadores utilizam “Sempre/Frequentemente” proteção auditiva.

De referir que os trabalhadores utilizam como protetor auditivo tanto os tampões como os abafadores, sendo que a maioria dos trabalhadores indicam o uso de ambos.

Tabela 25 - Utilização de proteção auditiva

Utilização da proteção auditiva	Sempre / Frequentemente		Às vezes / Nunca	
	N	%	N	%
	28	90,3%	3	9,7%
Tipo de protetor auditivo utilizado	Tampões		Abafadores	
	N		N	
	28		28	

### 6.3.6 Perceção individual do estado auditivo

Da Tabela 26 importa referir que cerca de 64,5 % dos trabalhadores afirmam que ouvem bem, enquanto cerca de 25,8 % indicam a sensação de zumbidos nos ouvidos.

Tabela 26 - Perceção individual do estado auditivo

Perceção individual do estado auditivo	Ouve bem		Sente zumbidos	
	N	%	N	%
	20	64,5%	8	25,8%

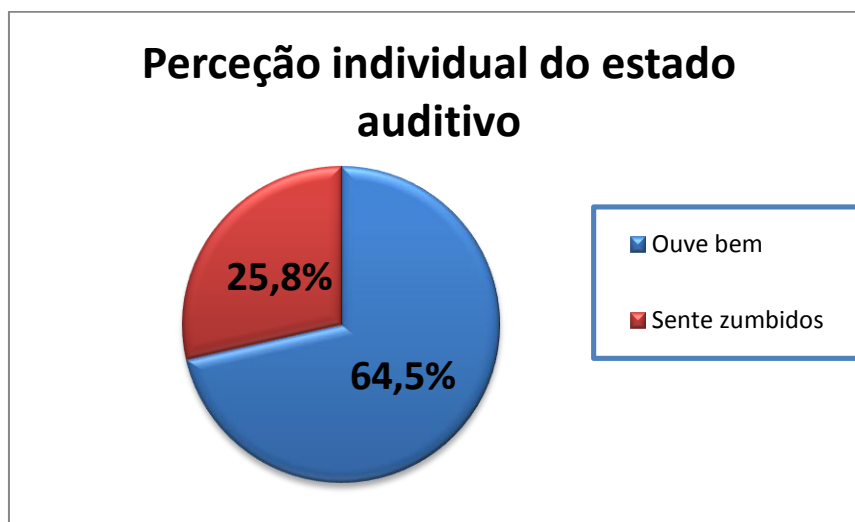


Gráfico 3 - Percepção individual do estado auditivo

## 6.4 Estudo das perdas auditivas

Considerando o exame audiométrico realizado em 2013 obtém-se a seguinte amostra representada na Tabela 27.

Tabela 27 – Resumo das variáveis em estudo e do cálculo das perdas dos trabalhadores

Variável	Valor médio	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
Idade (Anos)	50,2	6,2	62,0	37,0
Tempo de exposição ao ruído (Anos)	27,4	7,4	40,0	12,0
LEX,8h (dB)	90,9	4,9	102,6	79,3
<b>Perda auditiva (dB)</b>	27,9	13,0	59,0	6,0

Os dados obtidos dos estudos gerais do ruído tendo como base o cálculo da exposição individual diária dos trabalhadores nos anos de 2006, 2010 e 2012, estão representados no Gráfico 4 para cada trabalhador.

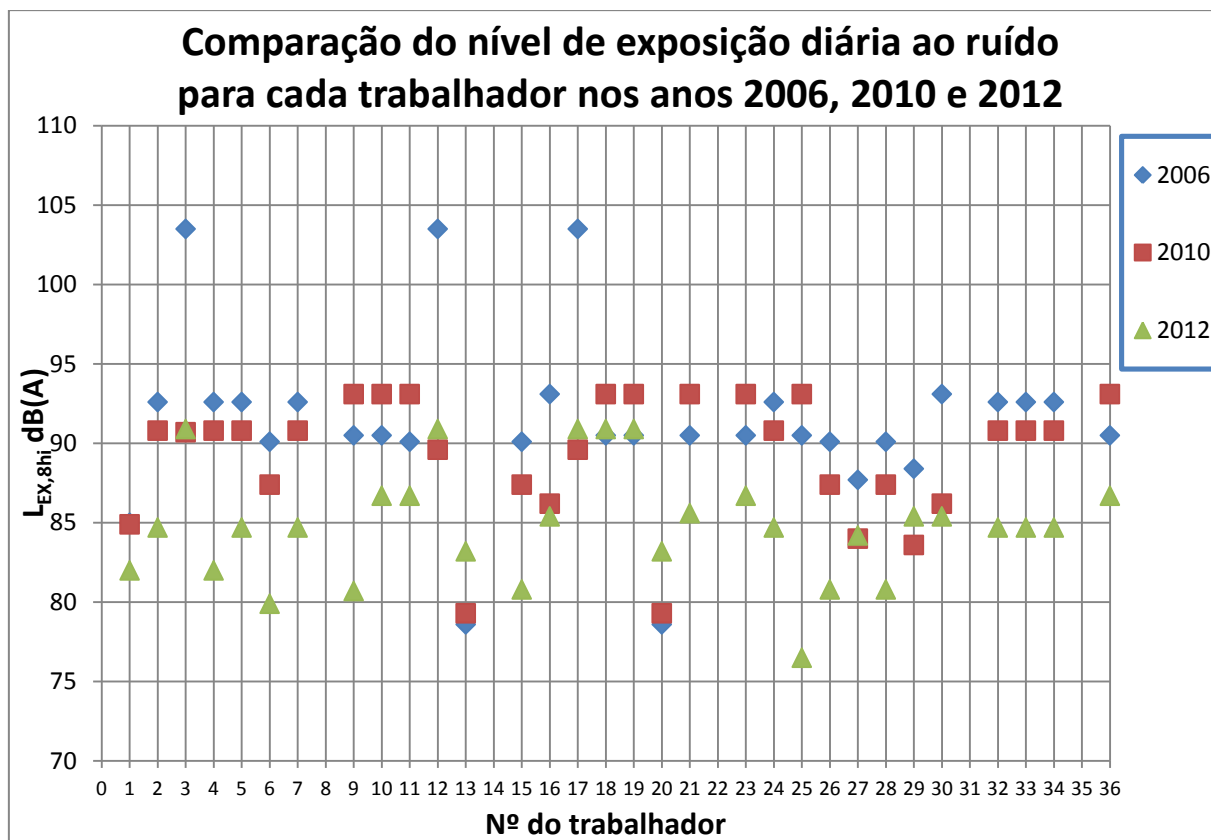


Gráfico 4 -  $L_{EX, 8hi}$  dB(A) por trabalhador para os anos 2006, 2010 e 2012 (valores retirados dos estudos do ruído nas instalações)

Segundo o cálculo e a classificação da perda auditiva, de acordo com o critério BIAP para amostra em questão, obteve-se a distribuição da classificação da perda auditiva representada no Gráfico 5.

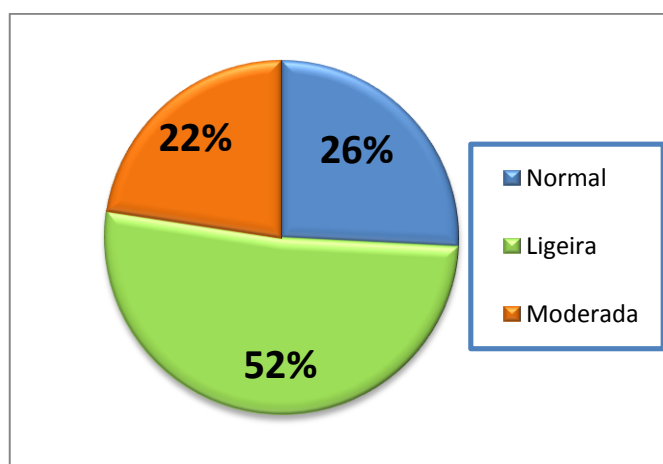


Gráfico 5 - Distribuição da classificação da perda auditiva, em 2013, segundo o critério BIAP

Com estes resultados é possível observar que 26 % dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada “normal”, 52 % uma perda “ligeira” e 22 % dos trabalhadores têm uma perda “moderada”. Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda “severa” (acima de 71 dB) ou na situação de perda “total”. De referir que o valor máximo da perda

“moderada” foi de 59 dB e que o intervalo desta perda está classificado entre 41 a 70 dB. Neste intervalo o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz e o indivíduo compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.

A relação de trabalhadores com perdas está apresentada na Tabela 28.

Tabela 28 - Relação de trabalhadores expostos a exposição ao ruído e com as perdas auditivas

Nº Trab	Sexo	Idade (anos)	Tempo de exposição (anos)	$L_{EX, 8h}$ dB(A)	Perda Média BIAP	Classificação da perda	Resposta NÃO à pergunta 'OUVE BEM?'	Resposta SIM à pergunta 'Sente Zumbidos?'	Utiliza proteção auditiva
1	M	56	27	84,7	39,0	Ligeira	X		
2	F	57	40	92,1	22,0	Ligeira		X	X
3	M	55	27	102,3	29,0	Ligeira			X
4	M	53	21	91,6	21,0	Ligeira			X
5	F	52	23	91,8	41,0	Moderada			X
6	F	45	24	89,2	46,0	Moderada	X		X
7	F	46	25	91,8	43,0	Moderada	X	X	
9	M	52	22	90,6	17,0	Normal			X
10	M	51	37	90,6	21,0	Ligeira	X	X	X
11	M	52	23	90,4	28,0	Ligeira	X		X
12	M	50	22	101,9	23,0	Ligeira	X	X	X
13	M	59	21	79,3	23,0	Ligeira		X	X
15	M	49	24	89,2	23,0	Ligeira			X
16	M	39	18	91,4	6,0	Normal			X
17	M	52	37	102,6	59,0	Moderada	X		X
18	M	54	38	90,8	41,0	Moderada	X		X
19	M	52	21	91,0	35,0	Ligeira			X
20	M	49	12	79,7	38,0	Ligeira	X	X	X
21	M	42	24	90,7	26,0	Ligeira			X
23	M	53	38	90,6	11,0	Normal			X
24	M	42	24	91,8	15,0	Normal		X	
25	M	37	23	90,6	8,0	Normal			X
26	M	62	36	89,5	45,0	Moderada	X		X
27	M	55	40	87,2	27,0	Ligeira	X	X	X
28	M	52	28	89,3	47,0	Moderada			X
29	M	48	33	87,7	37,0	Ligeira			X
30	M	44	24	91,9	23,0	Ligeira			X
32	F	54	40	92,1	25,0	Ligeira			X
33	F	59	24	91,8	17,0	Normal			X
34	F	39	24	91,8	15,0	Normal			X
36	M	46	28	90,7	13,0	Normal			X

Observa-se que o trabalhador que possui uma perda média mais elevada é o trabalhador nº 17, que também está exposto a um  $L_{EX, 8h}$  bastante elevado. Os trabalhadores nº 27 e 32 apresentam os maiores tempos de exposição, 40 anos, mas perdas auditivas ‘ligeiras’.

De referir ainda que dos 7 trabalhadores com perdas ‘moderadas’ apenas 5 indicaram a perceção de limitações ao nível da audição, e que dos 16 trabalhadores com perdas auditivas ‘ligeiras’ apenas 6 referiram a perceção de limitações ao nível da audição. Dos trabalhadores com perda ‘normal’ nenhum indicou este problema.

De referir que apenas 8 trabalhadores com perdas ‘ligeiras’ ou ‘moderadas’ indicaram a perceção de zumbidos nos ouvidos, entre os 21 trabalhadores com essas perdas.

A utilização efetiva de proteção auditiva, ao longo dos anos de exposição, não implica que no passado se tenha trabalhado de forma desprotegida, alterando desta forma o  $L_{EX, 8h}$  real dos trabalhadores. Provavelmente os trabalhadores não teriam tido tanto cuidado com o uso dos EPI's, não sendo ainda de descuidar uma eventual não disponibilidade da mesma.

Tabela 29 - Trabalhadores com antecedentes de doenças

Nº	Antecedentes						Historial de exposição ao ruído		
	Surdez familiar	Tabagismo	Diabetes	Traumatismo craniano	Doenças otológicas	Doenças infecciosas	Explosões	Caça Tiro	Ferramentas ruidosas
1	X	X	0	0	0	0	0	0	X
2	0	0	X	0	X	X	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	X	0	0	X	0	0	0	0
5	0	0	0	0	X	X	0	0	0
6	0	0	0	X	X	X	X	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	X	0	0	0
10	X	X	0	0	X	0	0	0	0
11	0	X	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	X	0	0	X	0	0	0
13	X	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	X	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	X	0	0	0
17	0	X	0	0	0	0	0	0	0
18	0	X	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	X	X	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	X	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	X	0	0	0
26	X	X	0	0	0	0	X	0	0
27	0	X	0	0	0	0	0	X	0
28	0	X	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	X	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	X	0	X	0	0	0	0	0	0
33	X	0	0	0	0	X	0	0	0
34	0	0	0	0	0	X	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Através da Tabela 29 pode verificar-se que os trabalhadores nº 5 e 6 apresentam casos de perdas ‘moderadas’ mas também são referidas doenças otológicas. Para os restantes casos de perdas ‘moderadas’, mais nenhum apresenta antecedentes.

É importante conhecer o detalhe histórico e os antecedentes da população em estudo, mas para ter conhecimento se a perda de audição teve origem numa doença otológica seria necessário saber qual era a doença em concreto.

Através da média dos valores dos exames audiométricos por banda de frequência (Gráfico 6), verifica-se que os valores mais significativos são os que correspondem às frequências de 4000 e 6000 Hz. Verifica-se também que, nestas frequências, os valores de desvio padrão são mais elevados.

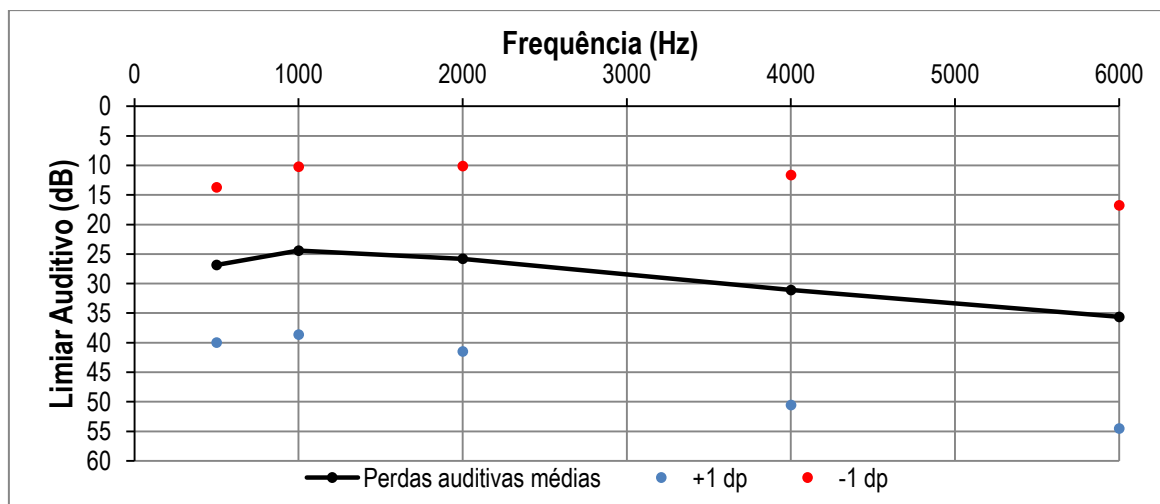


Gráfico 6 - Perdas auditivas médias da população em estudo

#### 6.4.1 Comparação entre as perdas auditivas de 2010 e 2013

Segundo o cálculo e a classificação da perda auditiva segundo o critério BIAP para amostra em questão os resultados obtidos a partir dos dados dos exames audiométricos de 2010 estão no Gráfico 7.

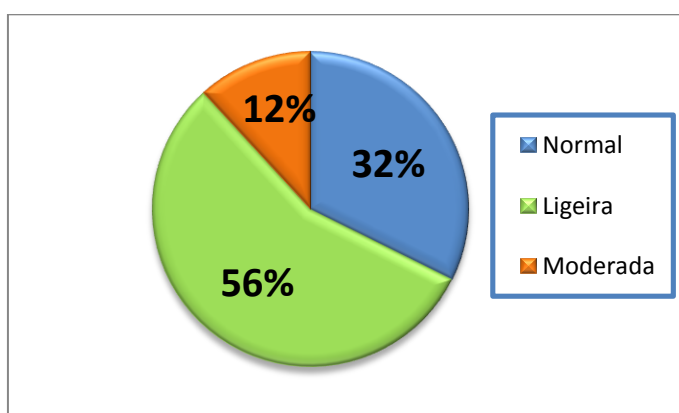


Gráfico 7 - Distribuição da classificação da perda auditiva em 2010 segundo o critério BIAP



Com estes resultados é possível observar que 32 % dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada “normal”, 56 % uma perda “ligeira” e 12 % dos trabalhadores uma perda “moderada”. Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda “severa” (acima de 71dB) ou na situação de perda “total”.

Na Tabela 30 e no Gráfico 8 estão os valores das perdas auditivas de 2010 e de 2013.

Tabela 30 - Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013

Perda	Ano	
	2010	2013
Normal	32,4%	25,8%
Ligeira	55,9%	51,6%
Moderada	11,8%	22,6%

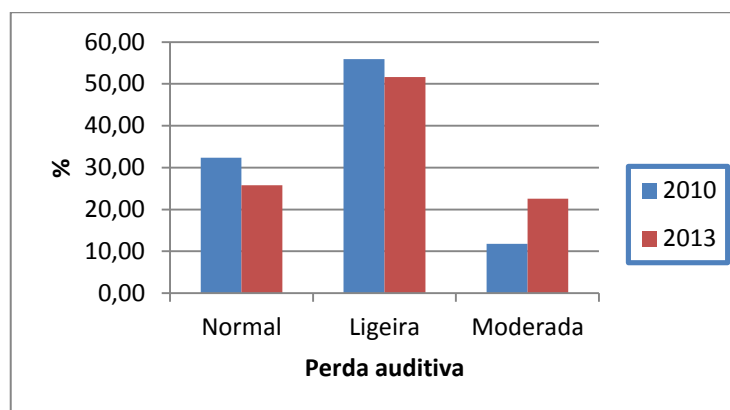


Gráfico 8 - Comparação entre as perdas auditivas de 2010 com as de 2013

É possível verificar que houve uma diminuição de trabalhadores com perda auditiva “normal” de 2010 para 2013 de 6,5 % e uma diminuição de 4,3 % de 2010 para 2013 para a perda auditiva “ligeira”. Por outro lado houve um aumento de 10,8 % na perda auditivas “moderada”.

#### 6.4.2 Comparação do cálculo das perdas através do critério da Tabela de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal

A Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal aprovado pelo Decreto-Lei nº 352/2007. Para o cálculo das perdas auditivas, ponderam-se os resultados do melhor ouvido (com menos perdas) para frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, sendo os fatores de ponderação de 2, 4, 3 e 1, respetivamente. Para a hipoacusia bilateral, a audiometria tonal deverá revelar uma perda igual ou superior a 35 dB.

É possível verificar que os trabalhadores com perdas ‘Moderadas’ calculadas a partir do critério BIAP também apresentam uma perda auditiva superior bastante elevada para o

critério utilizado como comparação. Já para as perdas ‘Ligeiras’ é possível verificar que a maioria dos trabalhadores apresenta uma perda auditiva superior a 35 dB.

Tabela 31 - Comparação do cálculo das perdas através do critério da Tabela de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal

Nº trabalhador	L <sub>EX, 8h</sub> dB(A)	500	1000	2000	4000	Melhor Ouvido (com menos perdas)	Media ponderada (dB)	Classificação da perda BIAP	Media ponderada (BIAP)
1	84,7	40	80	75	50	Esquerdo	61,3	Ligeira	39
2	92,1	40	40	30	10	Esquerdo	30,0	Ligeira	22
3	102,3	50	60	75	45	Direito	57,5	Ligeira	29
4	91,6	40	40	30	20	Esquerdo	32,5	Ligeira	21
5	91,8	60	120	105	30	Esquerdo	78,8	Moderada	41
6	89,2	70	160	135	55	Direito	105,0	Moderada	46
7	91,8	60	160	135	45	Direito	100,0	Moderada	43
9	90,6	20	20	15	30	Esquerdo	21,3	Normal	17
10	90,6	40	80	30	25	Direito	43,8	Ligeira	21
11	90,4	60	20	30	55	Direito	41,3	Ligeira	28
12	101,9	30	60	60	35	Direito	46,3	Ligeira	23
13	79,3	40	60	45	35	Direito	45,0	Ligeira	23
15	89,2	40	60	75	30	Direito	51,3	Ligeira	23
16	91,4	20	20	0	0	Direito	10,0	Normal	6
17	102,6	80	160	120	65	Esquerdo	106,3	Moderada	59
18	90,8	90	200	90	30	Direito	102,5	Moderada	41
19	91,0	60	140	90	3	Esquerdo	73,3	Ligeira	35
20	79,7	40	60	90	35	Esquerdo	56,3	Ligeira	38
21	90,7	50	120	60	15	Direito	61,3	Ligeira	26
23	90,6	30	40	15	10	Esquerdo	23,8	Normal	11
24	91,8	30	60	45	5	Esquerdo	35,0	Normal	15
25	90,6	30	40	15	5	Esquerdo	22,5	Normal	8
26	89,5	40	80	180	70	Esquerdo	92,5	Moderada	45
27	87,2	40	80	75	35	Direito	57,5	Ligeira	27
28	89,3	80	140	105	45	Esquerdo	92,5	Moderada	47
29	87,7	80	140	90	35	Esquerdo	86,3	Ligeira	37
30	91,9	50	100	60	15	Esquerdo	56,3	Ligeira	23
32	92,1	50	80	60	30	Direito	55,0	Ligeira	25
33	91,8	40	60	15	5	Esquerdo	30,0	Normal	17
34	91,8	20	60	60	10	Direito	37,5	Normal	15
36	90,7	40	40	15	10	Esquerdo	26,3	Normal	13

## 6.5 Análise em componentes principais e análise fatorial

Com base nos vários dados recolhidos e compilando toda a informação numa folha de EXCEL pode-se avançar para um teste na tentativa de correlacionar as várias variáveis com o auxílio do programa ANDAD que está organizado em diversos módulos e que permitem aplicar algumas técnicas de análise estatística multivariável, nomeadamente a Análise em Componentes Principais. Estes métodos são utilizados para descrever e sintetizar quadros de dados, normalmente com dimensões elevadas, que podem ser consubstanciados numa matriz. Os dados foram organizados numa matriz de por 36

indivíduos (linhas) e por 19 variáveis (colunas), na Tabela 32 estão descritas as variáveis para a Análise em Componentes Principais e respetivos códigos.

Tabela 32 - Variáveis e respetivos códigos

Variável	Códigos	
Indivíduo	i1 até i36	
Idade do trabalhador	I	
Tempo de exposição	Te	
$L_{EX, 8hi}$ dB(A) 2006	2006	<b>EIXO 2</b>
$L_{EX, 8hi}$ dB(A) 2010	2010	
$L_{EX, 8hi}$ dB(A) 2012	2012	
$L_{EX, 8h}$ dB(A)	Lex	
500 Hz Ouvido esquerdo	Esq1	<b>EIXO 1</b>
1000 Hz Ouvido esquerdo	Esq2	
2000 Hz Ouvido esquerdo	Esq3	
4000 Hz Ouvido esquerdo	Esq4	
6000 Hz Ouvido esquerdo	Esq5	
500 Hz Ouvido direito	Dir1	
1000 Hz Ouvido direito	Dir2	
2000 Hz Ouvido direito	Dir3	
4000 Hz Ouvido direito	Dir4	
6000 Hz Ouvido direito	Dir5	
Média das bandas de frequências do ouvido esquerdo (Hz)	Esq	
Média das bandas de frequências do ouvido direito (Hz)	Dir	
Perda auditiva pelo critério BIAP (dB)	BIAP	

Após a execução do programa com a introdução da tabela de dados, seleccionaram-se 7 fatores e alguns gráficos com a projecção das colunas e das linhas nos eixos fatoriais. Além disso obtém-se a Tabela 33 onde se pode seleccionar os resultados fornecidos sobre os eixos fatoriais. A análise da Tabela 33 mostra que os 3 eixos explicam 74 % da variabilidade total presente no quadro de dados. Pode-se assim diminuir a dimensão do problema de 7 para 3 dimensões, sem perda significativa de informação (aprox. 26 % apenas).

Tabela 33 - Informação sobre os eixos fatoriais resultantes da ACP, valores próprios e percentagem de explicação dos fatores

	Valor Próprio	% Exp	% Acum
Eixo 1	9.247	48.67	48.67
Eixo 2	3.236	17.03	65.70

Eixo 3	1.595	8.39	74.09
Eixo 4	1.142	6.01	80.11
Eixo 5	0.816	4.29	84.40
Eixo 6	0.753	3.96	88.36
Eixo 7	0.601	3.16	91.52

Na Tabela 33 encontra-se informação relativa aos valores próprios, a importância relativa de cada um dos eixos é analisada pela coluna Exp. Verifica-se, neste caso, que os dois primeiros fatores que definem o gráfico pedido explicam 65,7 % da variabilidade contida na matriz de dados.

Na Tabela 34 pode-se ver as coordenadas das propriedades e indivíduos nos eixos fatoriais. É de notar que as coordenadas das variáveis nos eixos coincidem com o coeficiente de correlação com o fator associado ao eixo, estando portanto contidas no intervalo [-1; +1]. Apenas são considerados os valores acima de 0,50 pois estes representam uma melhor correlação entre variáveis.

Tabela 34 - Coordenadas das colunas (variáveis) nos eixos da ACP

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 6	Eixo 7
<b>I</b>			-0.84			
<b>Te</b>				-0.61		
<b>2006</b>		0.88				
<b>2010</b>		0.71				-0.51
<b>2012</b>		0.66			0.60	
<b>Lex</b>		0.90				
<b>esq1</b>	0.57		0.53			
<b>esq2</b>	0.71					
<b>esq3</b>	0.86					
<b>esq4</b>	0.79					
<b>esq5</b>	0.79					
<b>dir1</b>	0.78					
<b>dir2</b>	0.78					
<b>dir3</b>	0.89					
<b>dir4</b>	0.85					
<b>dir5</b>	0.74					
<b>Esq</b>	0.99					
<b>Dir</b>	0.96					
<b>Biap</b>	0.99					

## 1º Plano fatorial – Relação entre exposição ao ruído e perdas auditivas

Na Figura 28 pode ver-se a projecção das variáveis no 1º plano fatorial e na Figura 29 está representado igualmente o 1º plano factorial, agora com a projecção das linhas, com identificação de cada um dos pontos de projecção. Estes planos cruzam os dois primeiros fatores (F1, F2) que, no seu conjunto, explicam 65,7 % da variabilidade total contida na matriz inicial dos dados.

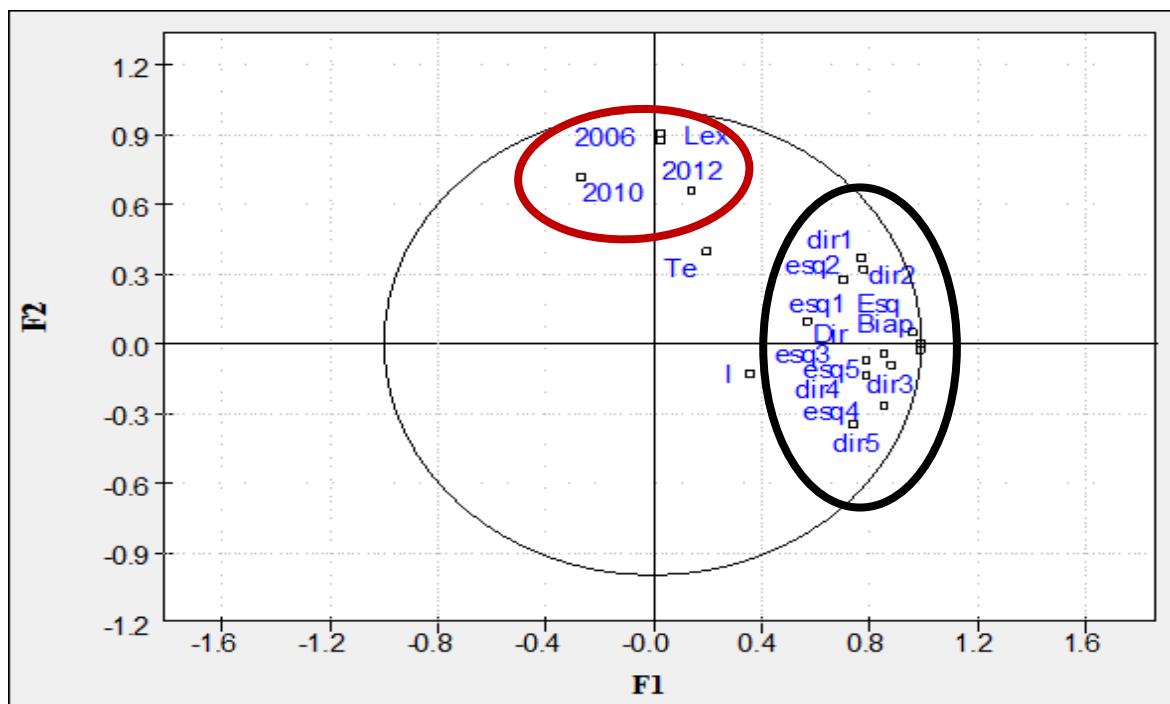


Figura 28 - Projeção das variáveis no 1º plano fatorial da ACP

A análise da Figura 28 permite concluir que as variáveis **dir1** (500 Hz Ouvido direito), **dir2** (1000 Hz Ouvido direito), **dir3** (2000 Hz Ouvido direito), **dir4** (4000 Hz Ouvido direito), **dir5** (6000 Hz Ouvido direito), **esq1** (500 Hz Ouvido esquerdo), **esq2** (1000 Hz Ouvido esquerdo), **esq3** (2000 Hz Ouvido esquerdo), **esq4** (4000 Hz Ouvido esquerdo), **esq5** (6000 Hz Ouvido esquerdo), **Esq** (Média das bandas de frequências do ouvido esquerdo (Hz)), **Dir** (Média das bandas de frequências do ouvido direito (Hz)) e **Biap** (Perda auditiva pelo critério BIAP (dB)) estão em forte correlação positiva. Esta conclusão resulta da projecção destas variáveis no eixo 1, semi-eixo positivo, representadas na figura dentro do balão preto. Estas 3 últimas variáveis estão em relação funcional com as outras variáveis (dir1, dir2, dir3, dir4, dir5, esq1, esq2, esq3, esq4 e esq5).

Ainda no que respeita à Figura 28 é possível identificar igualmente em forte associação positiva as variáveis **2006** ( $L_{EX, 8hi}$  dB(A) 2006), **2010** ( $L_{EX, 8hi}$  dB(A) 2010), **2012** ( $L_{EX, 8hi}$  dB(A) 2012) e **Lex** ( $L_{EX, 8h}$  dB(A)) projetadas no eixo 2, semi-eixo positivo, representadas na figura dentro do balão vermelho.  $L_{EX, 8h}$  dB(A)) está em relação funcional com o  $L_{EX, 8hi}$  dB(A) 2006, 2010 e 2012.

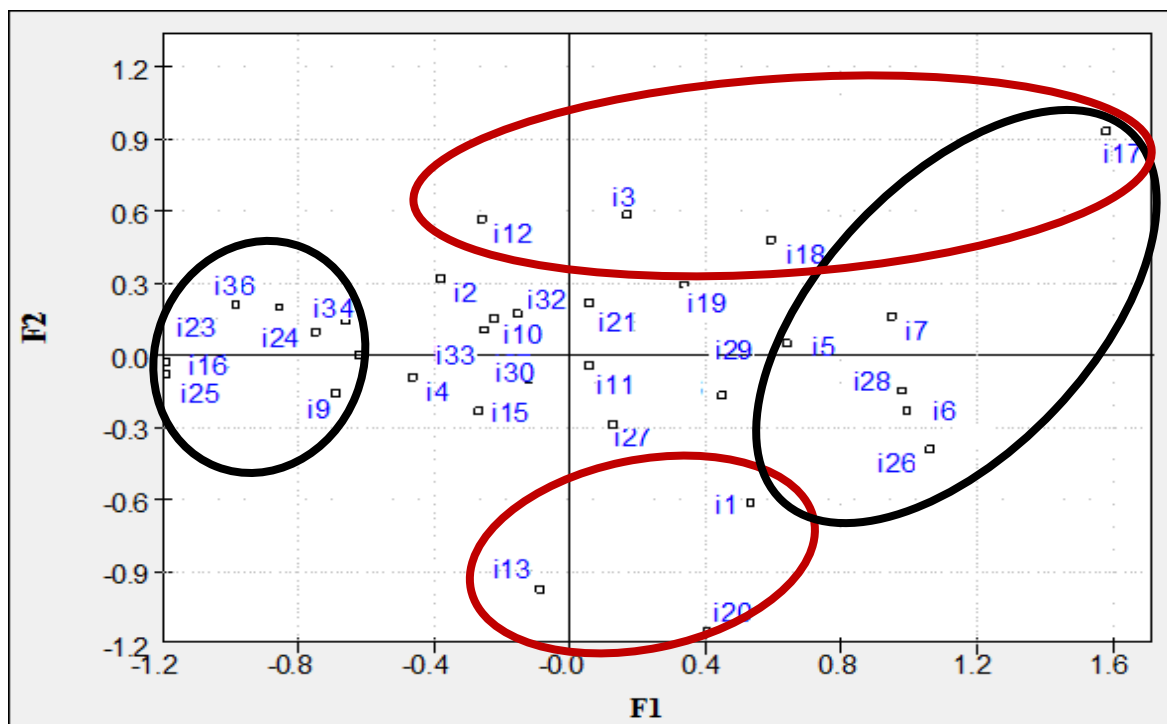


Figura 29 - Projeção dos trabalhadores no 1º plano fatorial da ACP

Através da Figura 29 é possível verificar que os indivíduos que se encontram projetados no eixo1, semi-eixo negativo, são os que têm uma perda auditiva menor. Os indivíduos são os nº 36, 34, 25, 24, 23, 16 e 9. A média da exposição ao ruído deste grupo de indivíduos ronda os 90 dB, valor médio da amostra em estudo. O valor de perda auditiva (critério BIAP) mais alto deste grupo é 16,5 dB.

Os trabalhadores com uma perda auditiva elevada mas com uma exposição ao ruído próxima do grupo anterior, 90 dB, são trabalhadores nº 28, 26, 7, 6 e 5. O valor mais elevado da perda auditiva para este grupo é de 46,85 dB e o mais baixo de 40,8 dB. O trabalhador com maior perda auditiva e com um valor de exposição ao ruído também elevado, 103 dB, é o trabalhador 17.

Tabela 35 - Trabalhadores com a menor perda auditiva

Nº	L <sub>EX</sub> (dB (A))	Te (anos)	Idade (anos)	BIAP (Hz)
36	90,7	28	46	12,4
34	91,8	24	39	14,9
25	90,6	23	37	7,8
24	91,8	24	42	14,3
23	90,6	38	53	10,1
16	91,4	18	39	5,0
9	90,6	22,0	52,0	16,5
<b>Média</b>	<b>91,1</b>	<b>25,29</b>	<b>44</b>	<b>11,6</b>
<b>Média amostra</b>	<b>90,9</b>	<b>27,4</b>	<b>50,2</b>	<b>27,9</b>

Tabela 36 - Trabalhadores com perda auditiva elevada

Nº	L <sub>EX</sub> (dB (A))	Te (anos)	Idade (anos)	BIAP (Hz)
28	89,3	28	52	46,9
26	89,5	36	62	44,3
7	91,8	25	46	42,3
6	89,2	24	45	45,2
5	91,8	23	52	40,8
17	102,6	37	52	58,0
<b>Média</b>	<b>92,4</b>	<b>28,83</b>	<b>51,5</b>	<b>46,2</b>
<b>Média amostra</b>	<b>90,9</b>	<b>27,4</b>	<b>50,2</b>	<b>27,9</b>

É possível verificar que os trabalhadores com uma perda auditiva mais elevada são os trabalhadores com mais idade, mais tempo de exposição e também sujeitos a exposição ao ruído mais elevada.

Os trabalhadores que estão mais expostos ao ruído são o nº 18, 17, 12 e 3, e os que estão expostos ao valor mais baixo são o nº 20, 13 e 1, os valores de exposição ao ruído destes 3 trabalhadores estão abaixo dos 85 dB.

Tabela 37 - Trabalhadores com exposição ao ruído mais reduzida

Nº	L <sub>EX</sub> (dB (A))	Te (anos)	Idade (anos)	BIAP (Hz)
20	79,7	12	49	37,2
13	79,3	21	59	23,0
1	84,7	27	56	38,6
<b>Média</b>	<b>81,2</b>	<b>20,00</b>	<b>54,7</b>	<b>32,9</b>
<b>Média amostra</b>	<b>90,9</b>	<b>27,4</b>	<b>50,2</b>	<b>27,9</b>

Tabela 38 - Trabalhadores com exposição ao ruído elevada

Nº	L <sub>EX</sub> (dB (A))	Te (anos)	Idade (anos)	BIAP (Hz)
18	90,8	38	54	38,3
17	102,6	37	52	58,0
12	101,9	22	50	22,4
3	102,3	27	55	28,9
<b>Média</b>	<b>99,4</b>	<b>31,00</b>	<b>52,75</b>	<b>36,9</b>
<b>Média amostra</b>	<b>90,9</b>	<b>27,4</b>	<b>50,2</b>	<b>27,9</b>

Os trabalhadores sujeitos a um nível de exposição ao ruído mais elevado apresentam um valor de perda auditiva mais elevado.

## 2º Plano fatorial – Relação entre idade e banda de frequência de 500 Hz do ouvido esquerdo

Na Figura 30 pode-se ver a projeção das variáveis no 2º plano fatorial (F1, F3) e na Figura 31 está representado o 2º plano fatorial das linhas com identificação de cada um dos pontos.

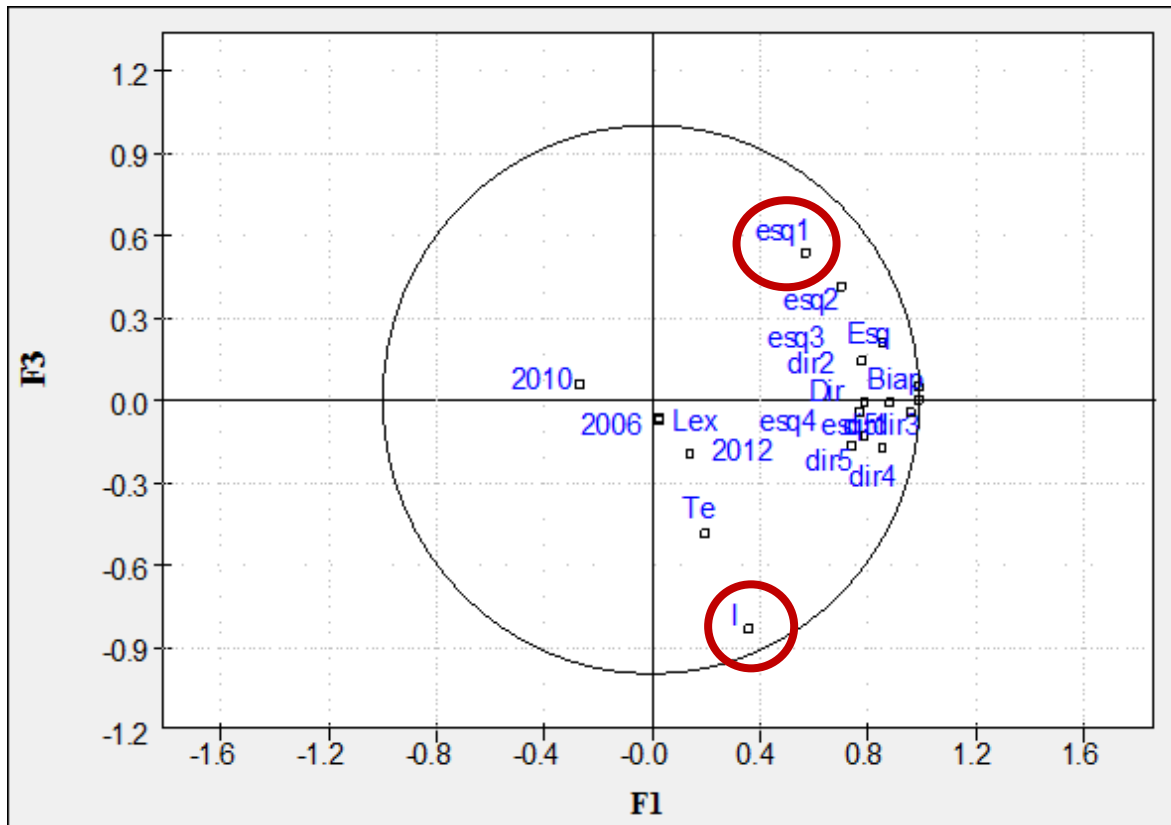


Figura 30 - Projeção das variáveis no 2º plano fatorial da ACP

A análise da Figura 30 permite concluir que a variável **esq1** (500 Hz Ouvido esquerdo) projecta-se isolada no eixo 3. Esta evidência resulta da projeção desta variável no eixo 3, semi-eixo positivo. Em oposição e mostrando uma forte associação negativa com a variável **esq1**, projetada no eixo 3, identifica-se a variável **I** (Idade), semi-eixo negativo.



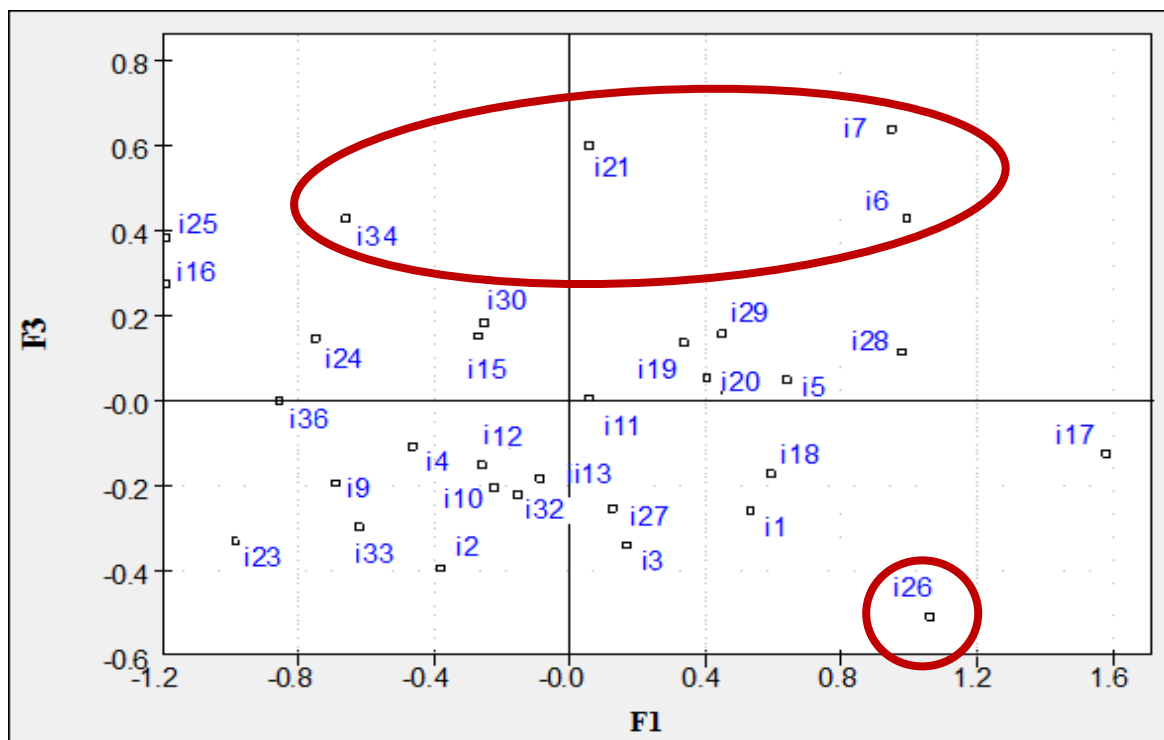


Figura 31 - Projeção dos trabalhadores no 2º plano fatorial da ACP

Através da Figura 31 e da Tabela 33 é possível verificar que existe uma correlação negativa entre a idade e a banda de frequência de 500 Hz do ouvido esquerdo. A percentagem de explicação para esta correlação é muito reduzida, apenas de 8,39 %.

Os trabalhadores nº 34, 21, 7 e 6 têm um valor elevado de perda no ouvido esquerdo para a banda de frequência de 500 Hz, sendo as suas idades baixas relativamente à média da amostra. Os trabalhadores nº 21 e 34 apesar de terem uma elevada perda no ouvido esquerdo para a banda de frequência de 500 Hz, não apresentam perda auditiva elevada.

O trabalhador nº 26 apresenta um valor baixo de perda no ouvido esquerdo para a banda de frequência de 500 Hz, apesar de ser o trabalhador com mais idade da amostra, 62 anos. Este trabalhador apresenta, contudo, um valor alto de perda auditiva.

### 3º Plano factorial – Tempo de exposição

Na Figura 32 pode ver-se a projeção das variáveis no 3º plano fatorial e na Figura 33 está representado o 3º plano fatorial com projecção das linhas com identificação de cada um dos pontos.

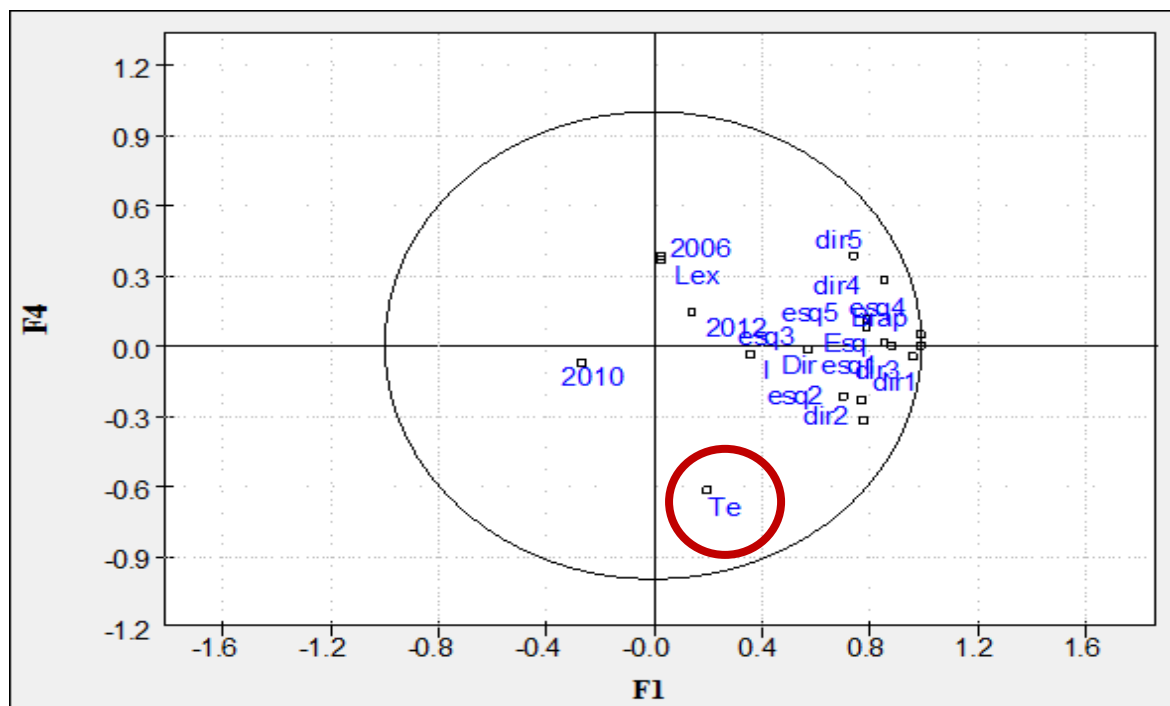


Figura 32 - Projeção das variáveis no 3º plano fatorial da ACP

A análise da Figura 32 permite concluir que a variável **Te** (Tempo de exposição) projeta-se isolada no eixo 4. Esta evidência resulta da projeção desta variável no eixo 4, semi-eixo negativo. A percentagem de explicação para esta correlação é muito reduzida, apenas de 6,01 %.

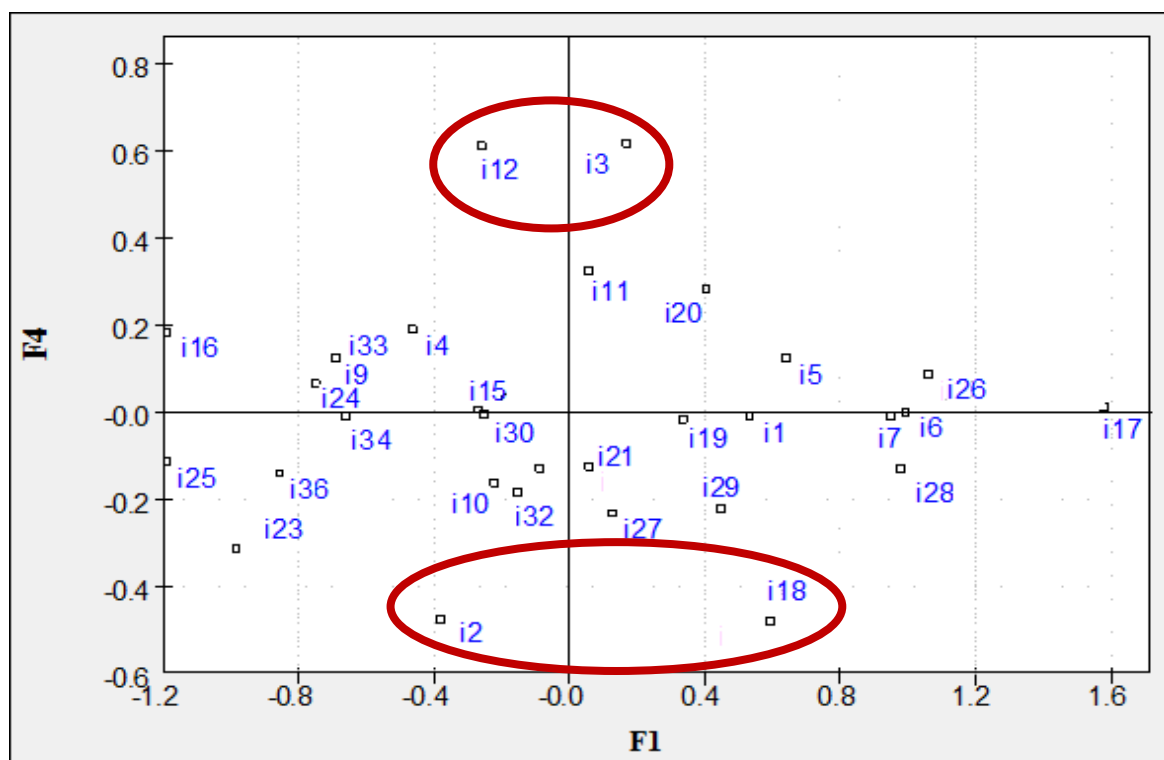


Figura 33 - Projeção dos trabalhadores no 3º plano fatorial da ACP

Através da Figura 33 e da Tabela 33 é possível verificar que:

- O trabalhador com mais tempo de exposição na empresa, mais perda auditiva e mais exposição ao ruído é o nº 18;
- O trabalhador nº 2 apresenta também um valor elevado de tempo de exposição e de exposição ao ruído, mas apresenta uma perda auditiva baixa;
- O trabalhador com menos tempo de exposição, menos perda auditiva e mais exposição ao ruído é o nº 12;
- O trabalhador nº 3 apresenta também um valor baixo de tempo de exposição e um valor elevado de exposição ao ruído, mas apresenta uma perda auditiva mais elevada.

## 6.6 Análise individual de casos

Para os casos que proporcionam algumas dúvidas e valores de perdas auditivas bastante elevados apresenta-se uma pequena análise individual destes indivíduos.

### Trabalhador Nº 17

Tabela 39 - Perda auditiva do trabalhador nº 17

Nº trabalhador		17		Idade (anos)		52						
Exposição (anos)		37		L <sub>EX,8h</sub> (dB)		102,6						
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	50	45	40	70	60	60	65	55	50	50	54,0	Moderada
2013	40	40	40	65	55	70	65	65	65	40	59,0	Moderada

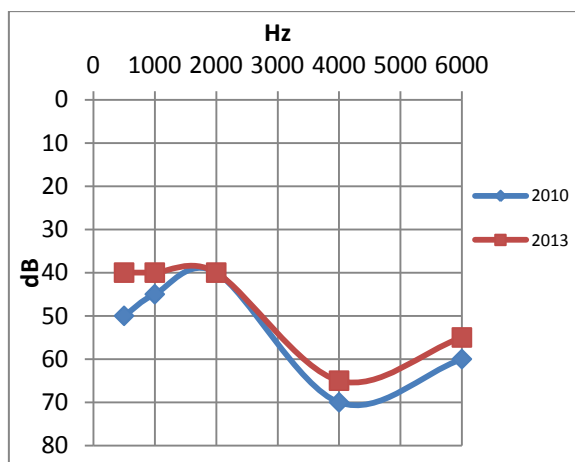


Figura 34 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 17

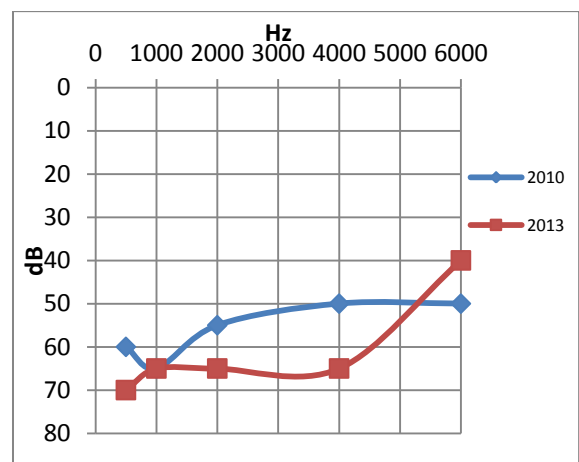


Figura 35 - Ouvido Direito Trabalhador nº 17

Tabela 40 - Historial e antecedentes do trabalhador 17

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior		X
Ferramentas ruidosas		X
Explosões		X
Surdez familiar		X
Tabagismo	X	
Doenças otológicas		X
Doenças infecciosas		X
Proteção auditiva	X	
Ouve bem?		X
Sente zumbidos?		X

O trabalhador 17 apresenta o maior valor de perda auditiva da amostra em estudo, este trabalhador está sujeito a um valor elevado de exposição ao ruído. Os 37 anos de exposição ao ruído foram sempre nesta empresa, nunca trabalhou noutra empresa, e foram sempre na mesma seção de trabalho. Nos inquéritos apenas indicou que fumou, que ouve mal e não sente zumbidos.

Observando os gráficos de perda auditiva, verifica-se que no ouvido esquerdo esta é mais significativa para os 4000 Hz, sendo concordante com o escotoma característico do ruído industrial. No ouvido direito nota-se uma perda auditiva para todas as bandas de frequências, principalmente na zona de conversação.

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade (Figura 18) este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade, e segundo o gráfico Bell (Tabela 8) para a evolução da surdez profissional este trabalhador está no estágio 3, ou seja, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neuro-sensorial profunda.

### Trabalhador N° 6

Tabela 41 - Perda auditiva do trabalhador n° 6.

Nº trabalhador		6		Idade (anos)		45						
Exposição (anos)		24		L <sub>EX,8h</sub> (dB)		89.2						
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	35	40	35	35	40	25	30	30	40	55	33	Ligeira
2013	40	40	50	60	80	35	40	45	55	40	46,0	Moderada

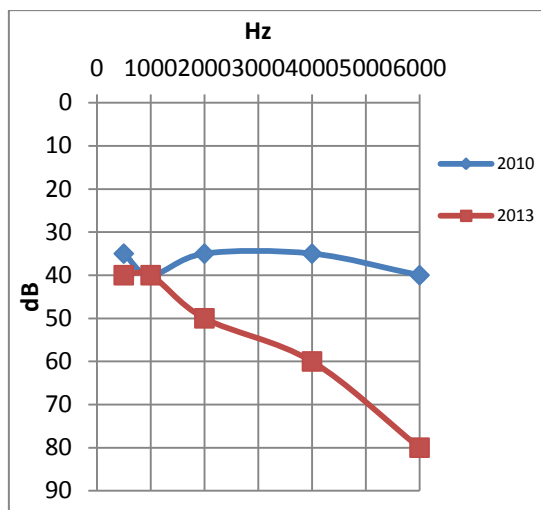


Figura 36 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 6

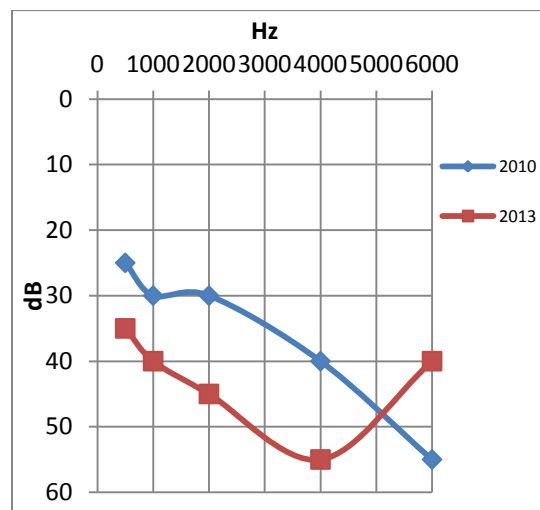


Figura 37 - Ouvido Direito Trabalhador nº 6

Tabela 42 - Historial e antecedentes do trabalhador 6

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior	X	
Ferramentas ruidosas		X
Explosões	X	
Traumatismo cranianos	X	
Surdez familiar		X
Tabagismo		X
Doenças otológicas	X	
Doenças infecciosas	X	
Proteção auditiva	X	
Ouve bem?		X
Sente zumbidos?		X

O trabalhador 6 apresenta a terceira maior perda auditiva da amostra em estudo, tem menos tempo de exposição que os dois trabalhadores anteriores e é mais novo também. Nos inquéritos indicou que já foi vítima de explosões e traumatismo craniano o que poderá ter agravado a perda de audição.

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade (Figura 18) este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade, e segundo o gráfico Bell (Tabela 8) para a evolução da surdez profissional este trabalhador está no estágio 3, ou seja, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neuro-sensorial profunda.

**Trabalhador N° 26**

Tabela 43 - Perda auditiva do trabalhador n° 26

Nº trabalhador		26		Idade (anos)		62						
Exposição (anos)		36		L <sub>EX,8h</sub> (dB)		89.5						
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	20	20	60	75	65	25	20	45	60	60	40	Ligeira
2013	20	20	60	70	80	35	20	55	60	65	45,0	Moderada

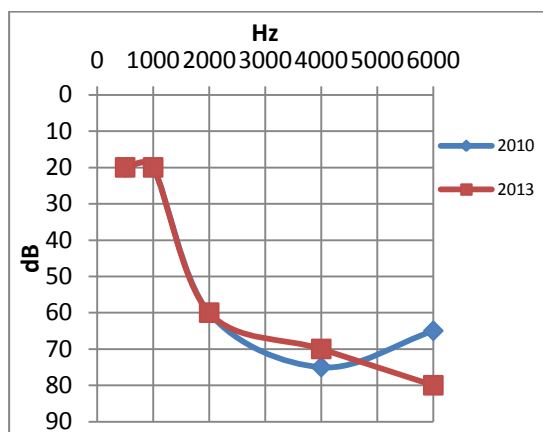


Figura 38 - Ouvido Esquerdo Trabalhador n° 26

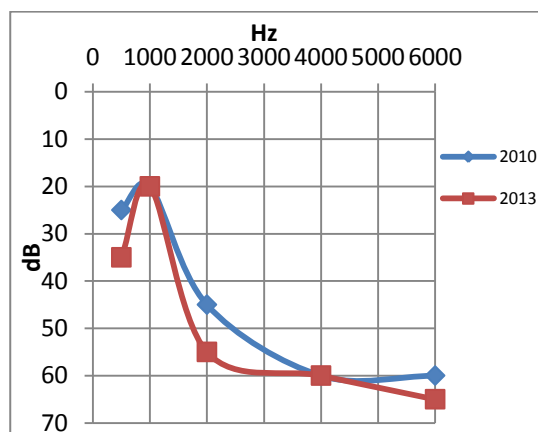


Figura 39 - Ouvido Direito Trabalhador n° 26

Tabela 44 - Historial e antecedentes do trabalhador 26

<b>Historial/Antecedentes</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
Atividade anterior		X
Ferramentas ruidosas		X
Explosões	X	
Traumatismo cranianos		X
Surdez familiar	X	
Tabagismo	X	
Doenças otológicas		X
Doenças infecciosas		X
Proteção auditiva	X	
Ouve bem?		X
Sente zumbidos?		X

O trabalhador 26 é o trabalhador com mais idade na empresa e apresenta a 4ª maior perda auditiva da amostra em estudo. Nos inquéritos indicou que já foi vítima de explosões e traumatismo craniano o que poderá ter agravado a perda de audição.

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade (Figura 18) este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade, e segundo o gráfico Bell (Tabela 8) para a evolução da surdez profissional este trabalhador está no estágio 3, ou

seja, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neuro-sensorial profunda.

### Trabalhador Nº 5

Tabela 45 - Perda auditiva do trabalhador nº 5

Nº trabalhador		5		Idade (anos)		52						
Exposição (anos)		23		L <sub>EX,8h</sub> (dB)		91.8						
Ouvido	Esquerdo (Hz)					Direito (Hz)						
Ano	500	1000	2000	4000	6000	500	1000	2000	4000	6000	Perda Média (BIAP)	Classificação da perda
2010	35	40	25	30	30	20	15	5	15	25	20	Normal
2013	30	30	35	30	35	35	45	45	50	60	41,0	Moderada

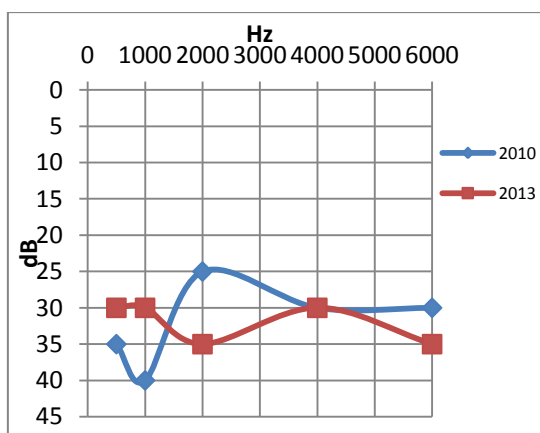


Figura 40 - Ouvido Esquerdo Trabalhador nº 5

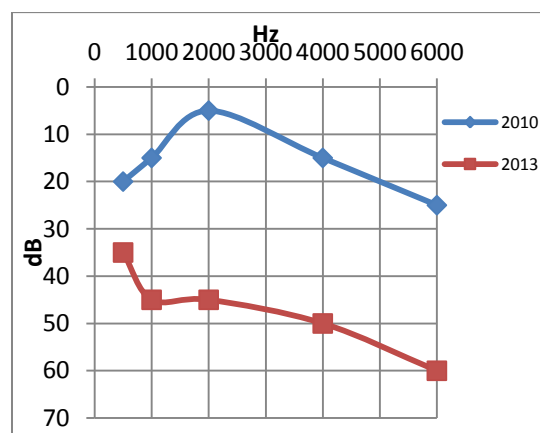


Figura 41 - Ouvido Direito Trabalhador nº 5

Tabela 46 - Historial e antecedentes do trabalhador 5

Historial/Antecedentes	Sim	Não
Atividade anterior		X
Ferramentas ruidosas		X
Explosões		X
Surdez familiar		X
Doenças otológicas	X	
Doenças infecciosas	X	
Proteção auditiva	X	
Ouve bem?	X	
Sente zumbidos?		X

O trabalhador 5 apresenta um valor elevado de perda auditiva, está à 23 anos na fabrica em estudo e nunca trabalhou noutra. Nos inquéritos indicou que já teve problemas otológicos e doenças infecciosas que podem causar danos auditivos.

Em comparação com o gráfico de perdas auditivas com a idade (Figura 18) este trabalhador está muito afastado dos valores para a sua idade, e segundo o gráfico Bell (Tabela 8) para a evolução da surdez profissional este trabalhador está no estágio 3, ou seja, perda auditiva atingindo as frequências infra e supraconversacionais, hipoacusia neuro-sensorial profunda.



## 7 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

O tamanho da amostra condiciona a obtenção de conclusões objetivas, devido, sobretudo, à metodologia aplicada e à incerteza associada aos dados utilizados. Neste tipo de estudos, o tamanho da amostra populacional deverá ser mais elevado para que se possam retirar conclusões mais fiáveis e assim retirar da amostra em estudo as situações que suscitem dúvidas.

A exposição pessoal diária ao ruído está limitada aos estudos de ruído realizados na empresa, tendo sido utilizados, neste caso, os estudos de 2006, 2010 e 2011. Esta escassez de medições e a deficiente caracterização do ruído ocupacional nos locais de trabalho são fatores que conduzem a maior incerteza e condicionam este tipo de estudos. Por existirem trabalhadores que não têm postos de trabalho fixos, o cálculo da exposição pessoal diária ao ruído, através da determinação de  $n$  níveis sonoros durante  $t$  intervalos de tempo, poderá conduzir a um valor superior ou inferior ao valor real da exposição ao ruído.

A eventual utilização de proteção auditiva por parte dos trabalhadores implicaria numa atenuação ao ruído. Foi assinalada nos inquéritos como uma prática frequente, mas é, contudo, necessário assinalar que, no passado, a utilização de EPI's poderá não ter sido uma prática corrente, pese embora a elevada percentagem de respostas do tipo 'utiliza sempre/frequentemente EPI's auditiva'

Do estudo das perdas auditivas, conclui-se que a maioria (52 %) dos trabalhadores em estudo apresenta perdas auditivas ligeiras. Com estes resultados é possível observar que 26 % dos trabalhadores têm uma perda auditiva considerada "normal" e 22 % uma perda "moderada". Nenhum trabalhador se encontra em situação de perda "severa" (acima de 71 dB) ou na situação de perda "total". De referir que o valor máximo da perda "moderada" foi de 59 dB e que o intervalo desta perda está classificado entre 41 a 70 dB. Neste intervalo o discurso é entendido apenas quando se eleva o tom de voz e o indivíduo compreende melhor a mensagem se puder observar o interlocutor.

Para as perdas auditivas médias por banda de frequências de 4000 Hz e 6000 Hz verifica-se que esta é mais significativa, sendo os valores mais altos para 4000 Hz, situação característica de escotoma.

Quanto à percepção individual do estado auditivo, pode não existir uma relação direta com a perda auditiva, uma vez que dos trabalhadores com perda 'normal' nenhum indicou este problema. Mas, dos 7 trabalhadores com perdas 'moderadas' apenas 5 indicaram a percepção de limitações ao nível da audição, e dos 16 trabalhadores com perdas auditivas 'ligeiras', apenas 6 referiram a percepção de limitações ao nível da audição.

A aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP) permitiu avaliar positivamente a consistência dos dados analisados. É possível verificar a similitude dos registos efectuados em 2006, 2010 e 2012 (traduzido na ACP pela projecção próxima dessas variáveis). As mesmas conclusões são válidas para as restantes variáveis projectadas muito próximas umas das outras.

A partir da ACP foi possível reduzir a dimensionalidade dos dados de partida, possibilitando o cruzamento dos indivíduos com as variáveis quantitativas que os

caracterizam. Assim, foi possível verificar, neste caso, que os dois primeiros fatores que definem o plano fatorial, explicam 65,7 % da variabilidade contida na matriz de dados, pelo que, apenas se poderão fazer algumas generalizações com base neste plano factorial. Os outros planos fatoriais, dada a sua reduzida percentagem de explicação, só permitirão identificar casos (variáveis ou trabalhadores) isolados sem grande expressão na amostra. É possível, a partir da análise do 1º plano fatorial, verificar que os trabalhadores com uma perda auditiva mais elevada são os trabalhadores com mais idade, mais tempo de exposição e também sujeitos a exposição ao ruído mais elevada. Os trabalhadores sujeitos a um nível de exposição ao ruído mais elevado apresentam um valor de perda auditiva mais elevado.

A aplicação da ACP permitiu identificar indivíduos com características auditivas particulares. Esta vantagem da aplicação da ACP é tanto mais evidente quanto facilmente o espírito humano perde capacidade de discernimento perante um grande volume de dados.

Seguindo os princípios gerais de prevenção, a solução a implementar para reduzir os níveis de ruído elevados na fábrica em estudo passaria por trocar os equipamentos atuais por outros menos ruidosos, sendo esta solução totalmente desadequada em termos económicos e em termos de processo. Pelo que a solução mais recomendável passaria por tentar isolar o perigo através da colocação de mecanismos de encapsulamento dos equipamentos, evitando assim a propagação do ruído.

É necessário, e de acordo com a legislação em vigor, informar e formar os colaboradores para o uso da proteção auditiva. Ao nível médico, deve ser garantida aos colaboradores a vigilância médica com uma periodicidade anual, preferencialmente aos colaboradores expostos a valores acima do limite de ação superior.

Como perspetiva futura propõe-se para este trabalho a conjugação da informação qualitativa resultante dos inquéritos com a quantitativa que resultou dos exames audiométricos e da avaliação da exposição ao ruído. Como ferramenta de trabalho e opção metodológica para tratar estes dois tipos diferentes de informações propõe-se a aplicação da análise fatorial das correspondências binárias.

---

## 8 BIBLIOGRAFIA

Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. Facts 67 PT, O ruído em números, 2006.

Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. Perspectivas 1 – Novos riscos emergentes para segurança e saúde no trabalho, 2009. [online] <http://europa.eu>

Agência Europeia para a segurança e Saúde no trabalho. [online]. <https://osha.europa.eu/pt/topics/noise>

Data da última visualização: 27-02-2013.

Abelenda, C. (2006). Avaliação do Conforto de Protetores Individuais Auditivos, Tese de Mestrado em Engenharia Humana, Universidade do Minho.

ANEMM (2000), Diagnóstico Prospectivo da Indústria Metalúrgica e Metalomecânica.

Apontamentos, Som e Acústica, Prof. Dr. José Pedro Donoso, Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos – IFSC.

Arezes P., et al, Measurement strategies for occupational noise exposure assessment: A comparison study in different industrial environments, Ergonomics Laboratory e DPS, University of Minho, International Journal of Industrial Ergonomics 42 (2012) 172e177.

Arezes, P., Miguel, A., Does risk recognition affect workers' hearing protection utilisation rate?, Department of Production and Systems, School of Engineering of the University of Minho, International Journal of Industrial Ergonomics 36 (2006) 1037–1043.

Arezes, P. (2002). Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído. Universidade do Minho.

Arezes, P., Miguel, A., A exposição ocupacional ao ruído em Portugal. Riscos Ocupacionais, Vol 20, Nº1 – Janeiro/Junho 2002.

Arezes, P. (1998). Análise do conforto e eficiência de protectores individuais auditivos em meio industrial, Tese de Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana, Universidade do Porto.

---

Barradas, E. (2011). Estudo da Exposição Ocupacional ao Ruído em Estações de Tratamento de Águas e Respectiva Avaliação Audiométrica, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional, Universidade do Porto.

Cabral, Célia Morais - Acústica Industrial: aplicação da análise de vibrações e ruído à identificação de fontes de ruído em ambiente industrial. Coimbra:[s.n],2012. Dissertação de Mestrado.

Carvalho, A. (2007). Acústica Ambiental e de Edifícios. DEC-FEUP.

Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro – Prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído.

Decreto-Lei nº 352/2007, de 23 de outubro - Tabela Nacional de Incapacidades por Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais e Tabela Nacional para a Avaliação de Incapacidades Permanentes em Direito Civil.

Decreto-Lei nº 381/2007, de 14 de novembro – Classificação portuguesa de Actividades Económicas, Revisão 3.

Ideias ambientais [online]. [http://www.ideiasambientais.com.pt/ruído\\_ambiente.html](http://www.ideiasambientais.com.pt/ruído_ambiente.html)

Data da última visualização: 27-02-2013.

Magazine of the European Agency for Safety and Health at Work, Noise at Work, 2005.

May, J. J. 2000, “Occupational hearing loss”, American Journal of Industrial Medicine, Vol. 37, pp 112-120.

Matos, M. L., Santos, P., Barbosa, F., Hering Protection: Selection Factors and Risks of Excessive Attenuation, SHO 2013.

McReynolds, M, RN, BSN, MS, EMT-P, Noise-Induced Hearing Loss, Air Medical Journal 24:2, March-April 2005.

Mendes, A. (2011). Ruído Ocupacional em ambiente industrial, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional, Universidade do Porto.

Miguel, A.S., (2012). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 12ª Edição: Porto Editora.

Miguel, A.S (1992). Proteção Auditiva Individual em Ambientes Industriais. Universidade do Minho.

Miguel, A., Personal Hearing Protection, Universidade do Minho, Safety Science, Vol. 23, No. 2/3, pp. 183- 184, 1996.

Neves, A. (2007). Redução de Ruído Ambiental em área de Produção Industrial, Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente, Universidade do Minho.

Pereira, A. (2009). Avaliação da Exposição dos Trabalhadores ao Ruído (Análise de Casos), Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em: Instrumentação Manutenção Industrial e Qualidade.

Pereira, H. (1990). Análise de dados geológico – Mineiros. Aplicações e Estudo metodológico. Relatório sobre as disciplinas de matemáticas aplicadas à Engenharia e de Minas e introdução à Investigação Operacional, para as provas de agregação na área de Geomatématica do curso de Minas do IST.

Pinto, J. (2005). Análise de redução de ruído na Swedwood Portugal, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Porto.

Portaria nº 53/71, de 3 de fevereiro, alterada pela Portaria nº 702/80 – Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos Estabelecimentos Industriais.

Programa ANDAD, Métodos de análise de dados, versão 7.10, Manual do utilizador, CVRM – Centro de Geosistemas do IST, 1989-2002.

Pucci, Luis Fábio S., Som: propriedades e características, Física: Caderno do Professor - 2º série do ensino médio. São Paulo: SEESP, 2009. [online].  
<http://educacao.uol.com.br/planos-aula/som-propriedades-e-caracteristicas.jhtm>  
Data da última visualização: 27-02-2013.

Verlag Dashofer, Segurança do trabalho, Fevereiro 2007.



---

## ANEXOS

Os anexos deste documento encontram-se em formato digital, estando gravados no CD-ROM que se encontra na contra-capa.